

المنبعثة من
شبكات توزيع الكهرباء والأجهزة الكهربائية

Electromagnetic Fields

emission from
Electric distribution systems
& electric appliances







دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد

المجالات الكهرومغناطيسية

المنبعثة من

شبكات توزيع الكهرباء و الأجهزة الكهربائية

Electromagnetic Fields

from

Electric distribution systems

& electric appliances

دكتور مهندس

كاميليا يوسف محمد

تصميم الغلاف

م / أحمد طه هاشم

بسم الله الرحمن الرحيم

"وَفَوْقَ كُلِّ ذِى عِلْمٍ عَلِيمٍ"

صدق الله العظيم

الفهرس

	الصفحة
الباب الاول	
مقدمة	1
- الغلاف المغناطيسي للأرض	2
- الشحنة	6
- الفيض	7
- المجال الكهرومغناطيسي	8
الباب الثاني	
تعريفات	25
الباب الثالث	
مصادر المجالات المغناطيسية	49
- أنواع مصادر المجال المغناطيسي	57
- موصل أحادي	57
- موصل مزدوج	58
- مصادر المجال المغناطيسي ثلاثي الطور	60
- التيار الصافي وتيار الارضي وتيار مواسير المياه	61
- المجال المغناطيسي الناتج من حلقة تحمل تيار	63
- المجال المغناطيسي الناتج من قضيب مغناطيسي	66
- المجال المغناطيسي الناتج من ملف	68
مصادر المجالات المغناطيسية في المنازل	77

الباب الرابع

مصادر المجالات الكهربية 85

– المجال الكهربي الصادر من نقطة مشحونة 88

– المجال الكهربي الصادر من كرة موصلة 89

– المجالات الكهربائية الصادرة من لوحين متوازيين 91

– مستويات المجالات الكهربائية المنبعثة 97

الباب الخامس

المحطات الفرعية والمحولات والمجالات المغناطيسية 103

– المحطات الفرعية الثانوية 105

– أمثلة لطرق تخفيض المجالات المغناطيسية المنبعثة من المحطات الفرعية 115

– محول التوزيع منخفض المجالات المغناطيسية 129

الباب السادس

التوصيلات الكهربائية بالمبانى والمجالات الكهرومغناطيسية 145

تأريض نظم التوزيـــــع 149

– المجالات المغناطيسية الناتجة عن التيار المار بأنابيب المياه 155

– التوصيلات بالمباني 158

– تخفيض المجالات المغناطيسية 161

الباب السابع

الأجهزة الكهربائية والمجالات المغناطيسية 163

– المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة الورش 164

– المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة المصبغة 168

- المجالات المغناطيسية الصادرة من الأجهزة المكتبية 171
- المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة المطبخ 177
- المجالات المغناطيسية الصادرة من الأجهزة المنزلية 185
مستويات التعرض للمجالات المغناطيسية في البيئات الشائعة 194

الباب الثامن

أجهزة قياس المجالات الكهرومغناطيسية 211
- قياس المجالات الكهربائية والمغناطيسية 211
- قياس المجالات المغناطيسية 213
- قياس المجالات الكهربائية 215

الباب التاسع

طرق علاج المجالات المغناطيسية 221
- الطرق التقليدية للعلاج 222
- تحجيب المجال المغناطيسي 224
التحجيب المغناطيسي التأثيري 225
كيف يعمل الحجاب المغناطيسي 226
مواد الحجب 229
- معدن ميو 229
- المواد الشبكية والشبكية المترابطة 233
- التحجيب المغناطيسي الفعال 245

الباب العاشر

المواصفات القياسية لحد التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية 249

- المواصفات القياسية العالمية IEEE std.C95.6. 2002 253

- المواصفات القياسية العالمية IEC 61000-6-1 258

- اتحاد صناعة الكهرباء 258

مقياس وقائي 270

ملحق 1

الوحدات 273

ملحق 2

المحولات 277

ملحق 3

تعريفات خاصة بالباب التاسع 281

المراجع 289

مقدمـــــة

نتيجة زيادة تعداد السكان على مستوى العالم بالإضافة إلى زيادة الأخـذ بأسـاليب التقنيات الحديثة في جميع الاستخدامات، أدى ذلك إلى استـخدام مزيـد مـن الطاقـة الكهربائية في جميع المجالات، وأصبحت توصف الكهرباء بأنها أساس الحياة .. حيـث تتواجد الأجهزة الكهربائية في كل مكان ، في المصنع والمكتـب والمكتبـة والمعمـل والمنزل .. سواء بالمدينة أو الريف .. وفي جميع الأوقات بالحياة اليومية .. فـالجميع محاط باستمرار بتأثيرات ناتجة من هذه الأجهزة في صورة مجالات كهرومغناطيسية .. تعرف المجالات المغناطيسية والكهربائية بأنها خطوط قوى غير مرئية تحيط بـالأجهزة والمعدات والموصلات الكهربائية .. فجميع خطوط نقل الكهرباء والتوصـيلات والآلات الكهربائية والأجهزة الكهربائية المنزلية والمكتبية ولعب الأطفال التي تعمل بالكهربـاء، ينتج عنها مجالات كهرومغناطيسية، حيث تنتج المجالات الكهربائية من وجود الجهـد وتزيد شدتها كلما زاد الجهد بينما تحدث المجالات المغناطيسية عند مرور تيار بالأسلاك أو الأجهزة الكهربائية أو بالكابلات وتزيد شـدتها كلما زاد التيار المار.

عموما تصدر المجالات المغناطيسية عند مرور تيار بالأجهزة الكهربائية وتزيد شدة المجال كلما زاد التيار بها، أى تصدر المجالات المغناطيسية عند تشغيل وعمل الأجهزة الكهربائية، وبالرغم من أن هذه الأجهزة تصدر مجالات مغناطيـسية ذات قـيم عاليـة نسبيا بالقرب منها، إلا أنها تنخفض إلى المستوى المقبول بمجرد البعد عـن الأجهـزة لعدة أمتار... كذلك تنتج الكرة الأرضية مجالات كهرومغناطيسية أساسـا فـي صـورة مجالات استاتيكية، حيث تنتج المجالات الكهربائية من الاضطرابات الحادثة فـي الجـو ومن العوامل الجوية الأخرى، وتكون المجالات المغناطيسية الناتجة مـن الأرض فـي المتوسط حوالي ٥٠٠ مللي جاوس (٥٠ميكروتسـلا).

يشمل الكتاب على عدد من الجوانب المختلفة للمجالات الكهرومغناطيسية، مصادرها وتأثيرها وعلاجها،حيث نتعرف علـى أساسـيات المجـالات الكهربائيـة والمجـالات المغناطيسية ... والمستويات الصادرة من الأجهزة الكهربائية مثل: أجهـزة الـورش والأجهزة المكتبية والمنزلية وكذلك الصادرة من محطات الكهرباء الفرعية والمحولات

الكهربائية ومكونات شبكات التوزيع ومن التوصيلات الكهربائيـــة داخــل المبــاني .. والمستويات العالمية المسموحة لهذه المجالات والمواصفات القياسية لحــد التعــرض للمجالات الكهرومغناطيسية في العديد من البلدان مثل الولايـــات المتحـــدة الأمريكيـــة وهولندا وفرنسا وايطاليا وألمانيا وفنلندا واستراليا والنمسا.. كذلك المـــستويات طبقـــا للحماية من الأشعة غير المؤينة ..

كما يتعرض الكتاب لطرق علاج المجالات المغناطيسية سواء بالطرق التقليديـــة أو باستخدام وسائل تحجيب المجال المغناطيسي ...

إن من أهم أهداف الكتاب رفع الوعي، حتى يعلم العـــاملين المتعرضـــين للمجـــالات الكهرومغناطيسية ما هى الحدود الصادرة من الطبيعـــة ومـــن الأجهـــزة و المعـــدات والمكونات الكهربائية .. كذلك قيم الحدود الآمنة.

وهذا الكتاب له أهمية خاصة حيث أنه مكتوب باللغة العربيـــة وبطريقـــة مبـــسطة ووجيزة ويشمل على الكثير من الرسومات التوضيحية حتى يتمكن القارئ من معرفـــة كل ما يخص موضوعات الكتاب.

وأدعو الله أن يتقبل هذا العمل، وأن ينتفع به، وأن يحقق الهدف المرجو من تأليفه .. والله نسأل أن يوفقنا إلى ما فيه الصلاح والفلاح، إنه على ما نقول شهيد.

والله الموفق،،،،،

الأستاذ الدكتور

أحمد حسام الدين شاهين

كلية الهندسة – جامعة الإسكندرية

مقدمـــــــة

الحمد لله الذى هدانا لهذا وما كنا لنهتدى لولا أن هدانا الله، وأشهد أن لا إ ـ إلا الله، واشهد أنّ محمدا عبده ورسوله صلى الله عليه وآله وسلم تسليما.

نحمده سبحانه أن وفقني لإعداد هذا الكتاب "المجالات الكهرومغناطيسية" وهو للحقيقة علم هام ومثير ومتجدد.. ويحتوي على الكثير مــن المـصطلحات العلميــة الجديــدة، والمعرفة بهذا العلم يجنب الإنسانية كثيرا من المخاطر الناتجة عن وجود هذه الموجات من حولنا وكيف يمكن أن نتجنبها لتصبح الحياة خالية من متاعب وجود هذه الموجات الكهرومغناطيسية، وأرجو أن أكون قد وفقت ونجحت في إعداد هذا الكتــاب وعرضــه بالكيفية التى تمكن من توصيل المعلومات للمهتمين بهذا العلم.

ولقد حرصت على جمع أكبر كمية من المعلومات عن المجالات الكهرومغناطيــسية، مصادرها وتأثيرها وحدودها وكيفية تخفيضها أو منعها.

ويحتوي هذا الكتاب على عشرة أبواب وثلاثة ملاحق كما يلي:

التعريفات الخاصة بالمجالات الكهرومغناطيسية - مصادر المجــالات المغناطيــسية - مصادر المجالات الكهربائية - المحطات الفرعية والمحولات والمجالات المغناطيسية - التوصيلات الكهربائية بالمباني والمجالات الكهرومغناطيــسية - الأجهــزة الكهربائيــة والمجالات المغناطيسية - أجهزة قياس المجالات الكهرومغناطيــسية - طــرق عــلاج المجالات المغناطيسية - المواصفات القياسية لحد التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية.

يسعدني أن أشكر دار الجامعيين التي قامت بجهد مشرف في طباعة وإخــراج هــذا الكتاب في هذه الصورة المشرفة.

وأدعو الله سبحانه أن تعم الفائدة المرجوة من استخدام هذا الكتاب علــي وجمــوع المهندسين والفنيين، وعلى الله قصد السبيل،

والحمد والشكر لله رب العالمين، وصل اللهم على سيدنا محمد وعلى آله وصــحبه وسلم تسليما.

الإسكندرية في فبرايــر 2009 د.م. / كاميليا يوسف محمد

الباب الاول

مقدمة

Introduction

منذ منتصف القرن العشرين، أصبحت الكهرباء العنصر الأساسي في حياتنا. فالكهرباء هى أساس تشغيل الماكينات والمعدات المكتبية وجميع الأجهزة الأخرى التي تستخدم لتسهيل وأمان وراحة حياة الإنسان . ولذا يندهش البعض عند سماع أن المجالات المغناطيسية والكهربائية الناتجة من عمليات توليد ونقل واستخدام الكهرباء (عند الترددات التجارية 50 أو 60 هرتز) يمكن أن تؤثر على نحو سيىء فى حياة الأشخاص.

تعتبر كل من أشعة X وموجات اللاسلكى والميكروويف والضوء المرئى صور من أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية . والتردد هو ما يميز أى شكل من أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية عن شكل أخر . لايكون للمجالات الكهرومغناطيسية عند التردد 50 أو 60 هرتز ، والحاملة طاقة صغيرة جدا ، أى تأثير أيونى (ionizing effect) ، وعادة لايكون لها تأثير حراري . يمكن حدوث تأثيرات كيميائية على أجسام الأشخاص، بطرق مختلفة تبعا للأشكال المختلفة للمجالات الكهرومغناطيسية والتى يكون لها تأثير بيولوجي (احيائى) مختلف .

تنتج بعض أنواع الأجهزة بمجرد تشغيلها طاقة كهرومغناطيسية ذات ترددات مختلفة . مثلا ، عند تشغيل ماكينات اللحام ، تنتج أشكال مختلفة للطاقة الكهرومغناطيسية فى مدى تردد الراديو ، والأشعة تحت الحمراء والمرئية والأشعة فوق البنفسجية بالإضافة إلى مجالات كهرومغناطيسية عند تردد القدرة . وتنتج سخانات الميكروويف مجالات عند التردد 60 أو 50 هرتز بقيمة عدة مئات من المللى جاوس ، وهى أيضا تخلق طاقة فى مدى الميكروويف داخل السخان والتى لها ترددات عالية جدا (حوالى 2.45 بليون هرتز). يمنع غلاف الفرن (أو السخان) انبعاث المجالات ذات الترددات العالية

الموجودة بداخله ، ولكن لايمنع مجالات التردد 60 أو 50 هرتز . تتواصل التليفونات المحمولة (cellular telephones) عن طريق انبعاث مجالات كهربائية ومغناطيسية عند الترددات العالية المماثلة للمستعملة للإذاعة بالراديو أو التليفزيون. هذه المجالات الحادثة عند تردد الراديو وتردد الميكروويف تختلف تماما ، إلى حد بعيد ، عن المجالات الكهرومغناطيسية عند التردد منخفض العلو (extremely low frequency) الناتجة من خطوط القوى الكهربائية ومن أغلب الأجهزة الكهربائية .

عند تشغيل الأجهزة الكهربية عن طريق بطاريات ، أى مصدر تيار مستمر ، عندئذ يمر التيار فى إتجاه واحد فقط . هذا التيار ينتج مجال مغناطيسى مستقر (Stationary) أو ساكن (Static) ، والذى يعرف أيضا بمجال التيار المستمر (direct current field). يمكن أن يصدر عن بعض البطاريات التى تشغل الأجهزة مجالات مغناطيسية متغيرة مع الزمن كجزء من تشغيلها العادى . فى أغلب الحالات العملية ، لاتنتج قوى التيار المستمر تيارات كهربية فى أجسام الأشخاص . توجد المجالات المغناطيسية الشديدة الناتجة من التيار المستمر فى بعض البيئات الصناعية والتى يمكن أن تحدث تيارات ملموسة عند تحرك الأشخاص .

أنظمة القوى الكهربائية للتيار المتردد التى تنتج مجالات مغناطيسية وكهربية تحدث تيارات كهربائية ضعيفة جدا فى جسم الأشخاص . تعرف هذه التيارات بالتيارات المستحثة (induced current)

[وهى التيارات التى تتولد بالحث فى موصل كهربائى نتيجة حركته داخل مجال مغناطيسى ، أو نتيجة تغير الفيض المغناطيسى المحيط به]

الغلاف المغناطيسى للأرض The Earth's Magnetosphere

إن الريح الشمسية عبارة عن تدفق من الغازات المؤينة التى تطلق من الشمس عند حوالى 400 كم / الثانية . يمكن أن تتغير سرعة وكثافة هذه الجزيئات اعتمادا على نشاط الشمس. هذا الغلاف المغناطيسى يحمى الأرض من الريح الشمسية . إن السطح الخيالي للريح الشمسية والذى يحدث له أول انحراف يسمى صدمة القوس (blow

shock) . وتعرف مساحة الفراغ خلف صـدمة القـوس وحـول الأرض " بـالغلاف المغناطيسى " ، وهو يمثل مساحة الفراغ المسيطر عليه المجال المغناطيسى للأرض . وهذا يمنع أغلب الجزيئات المشحونة كهربيا من الدخول إلى المجال. وعلى الرغم مـن ذلك ، تخترق بعض الجزيئات المشحونة كهربيا نتيجة الريح الشمـسية إلـى الغـلاف المغناطيسى . هذا سيؤدى إلى أن الجزيئات المشحونة كهربيا تتماسك فى شكل نطـاق أو حزام فان آلين (Van Allen Belt) كما فى شكل (1-1) عند حدوث ذلـك تظهـر غازات مكهربة فى الفراغ (ظاهره البلازما Plasma) . البلازما هى غاز تـام التـأين ويحتوى على عدد متساو من الشحنات الحرة السالبة والموجبة (أي عدد متساو مـن الأيونات والالكترونات الحرة) وبرغم ذلك ، تصبح هذه الايونات والالكترونيات موجهة بهيكل خطوط المجال . لذا فإن إتجاه خطوط المجال يكون على طول موجات الجزيئـات والتيارات الكهربائية والحرارة وبعض أنواع الموجات التي تفضل السريان .

أحزمة إشعاع فان آلين (Van Allen radiation belts) هـي عبـارة عـن منطقتين على هيئة كعكة من الكزيئات المشحونة النشطة جـداً و التـى تحـبس فـى الإرتفاعات العالية للمجال المغناطيسى الأرضي.اكتشف " أحزمة فان آلـين " الـدكتور الفيزيائى الفلكى الأمريكى جيمس فان آلين (James A.Van Allen) ، و الذى ولـد فى عام 1914، و سميت هذه الأحزمة باسمه و ذلك فى عام 1958، و هى حادة جـداً على خط الإستواء و غير ظاهرة عملياً فوق الأقطـاب. و تـدمج المنطقتـان بـشكل تدريجى، و تظهر منطقتين ذات كثافة قصوى. يعتقد أن منطقة حزام فان آلين الـداخلى قد تكونت نتيجة الأشعة الكونية الأساسية فى الجو ، و يكون مركزه عند حوالى 3700 ميل (6000 كم) فوق سطح الأرض.

يحتوى حزام فان آلين الخارجى على بعض أيونات الهليوم الناتجة من الريح الشمسية و يكون مركزه عند حوالى 12500 ميل (20000 كم) فوق سطح الأرض.

تشكل الريح الشمسية الغلاف المغناطيسى للأرض والذى يمد العديد من مناطق الأرض بالطاقة . وتكون كثافته عند مدار الأرض حوالى 6 أيونات / سم مكعب ، هذه القيمـة صغيرة جدا . عموما يشبه توزيع الايونات فى الريح الشمسية توزيع العناصـر علـى

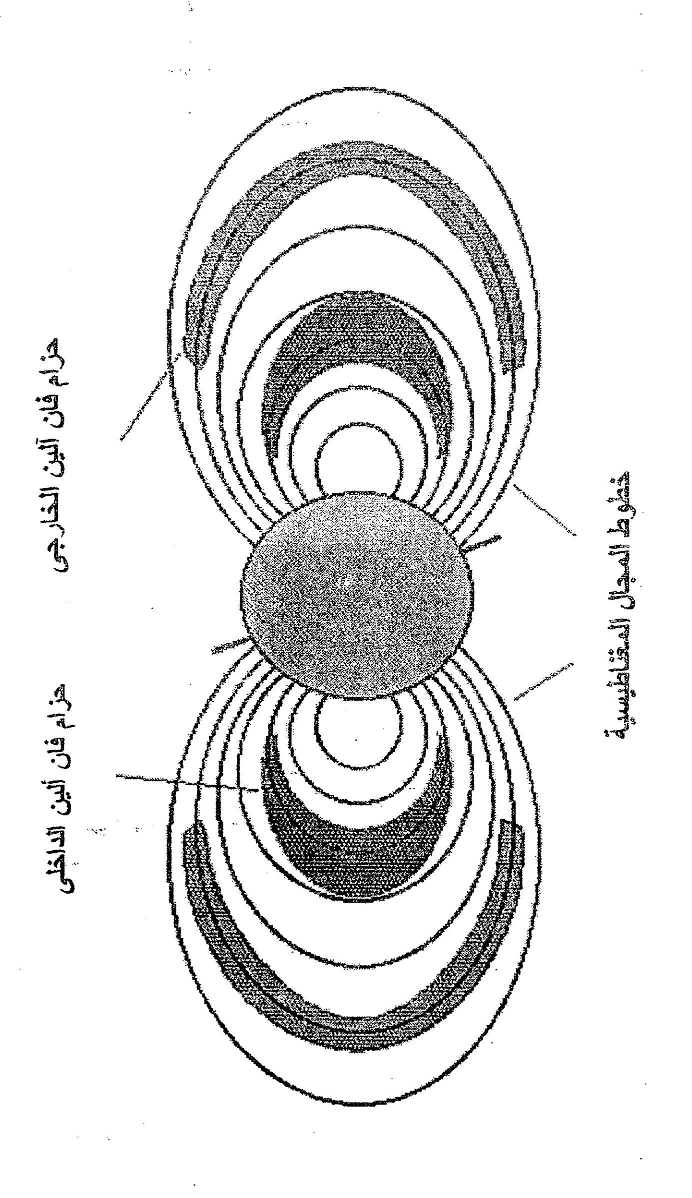
الشمس . هذه فى الغالب ، تكون بروتونات ، مع 4% هليوم (helium) وجزء أصغر من الاوكسجين وبعض العناصر الأخرى . كل ذلك يتدفق بعيدا عن الشمس بسرعة متوسطة حوالى 400 كيلومتر / الثانية .

خلال الفترة 1791 – 1867 عرف مايكل فاراداى خطوط المجال المغناطيسى والتى عرفت وقتها " بخطوط القوة " (Lines of forces) وكان فاراداى أحد أعظم المكتشفين للكهرباء المغناطيسية . هو من المؤسسين لمبادئ عمل المولدات والمحولات الكهربائية والكهرباء الكيميائية .

عموما تنتج الكرة الأرضية مجالات كهرومغناطيسية . أساسا في صورة مجالات استاتيكية ، مثل المجالات الناتجة من التيار المستمر . تنتج المجالات الكهربائية من الاضطرابات الحادثة فى الجو ومن العوامل الجوية الأخرى . تكون المجالات المغناطيسية الناتجة من الأرض حوالى 500 مللى جاوس ويعتقد انه ينتج من مرور تيارات كهربائية على عمق قلب الأرض . ولأن هذه المجالات تكون أقرب إلى حالة الاستقرار (استاتيكى) عن حالة التردد ، لذا فهى لا تحدث تيارات فى الأغراض الثابتة مثلما تفعل المجالات المصاحبة للتيار المتردد .

إلى حد ما ، يمكن أن تحدث المجالات الاستاتيكية تيارات فى الأغراض المتحركة والدوارة .

عموماً فإن شدة المجال عند سطح الأرض تتراوح بين أقل من 30 ميكروتسلا (300 مللى جاوس) فى المساحة المحتوية على أغلب أمريكا الجنوبية و جنوب أفريقيا، و قيمة أعلى من 60 ميكروتسلا (600 مللى جاوس) حول الأقطاب المغناطيسية فى شمال كندا و جنوب أستراليا و جزء من سيبريا.



شكل (1-1) الغلاف المغناطيسى للأرض

الشحنة (Charge)

فى الفيزياء ، الشحنة والتى يطلق عليها أيضا الشحنة الكهربائية (electric charge) أو الشحنة الكهروستاتيكية (electrostatic charge) – ويرمز لها بالرمز q – هـى خاصية المادة التى تظهر المدى الذى له الالكترونات أكثر أو أقل من البروتونات . فـى الذرات (atoms) ، يحمل الالكترون شحنة أولية سالبة أو وحدة شحنة ، بينما يحمـل البروتون شحنة موجبة . وتكون الشحنتين متساويتين وعكسيتين . فى ذرة المـادة ، تحدث الشحنة الكهربائية عندما يختلف عدد البروتونات فى النواه (nucleus) عن عدد الإلكترونات المحيطة بالنواه . عند وجود الكترونات أقل من البروتونات، عندئـذ فـإن الذرة يكون لها شحنة موجبة. غالبا ، تكون كمية الشحنة المحملة بواسطة الذرة عـدد مضاعف من الشحنة الأولية ، يعنى ذلك ، أن الشحنة محملـة بـالكترون أحـادى أو بروتون أحادى . يطلق على الجزيئ (particle) أو الذرة أو المادة ، التى لها شـحنة سالبة ، بأنها القطبية الكهربائية السالبة ، وكذلك يطلـق علـى الجزيـئ أو الـذرة أو المادة، التي لها شحنة موجبة ، بانها القطبية الكهربائية الموجبة .

فى المادة المحتوية على العديد من الذرات ، فإن الشحنة الكليـة تـساوى المجمـوع الحسابى ، مع الأخذ في الاعتبار القطبية ، لشحنة جميع الـذرات معـا . فـى العينـة الهائلة، فإن الشحنة الكلية تكون كمية الشحنات الأولية . وحدة الشحنة الكهربائية هى الكولوم (Coulomb) ، والذى يـرمز لها بالرمز C ، واحد كولوم يـساوى تقريبـا 6.24×10^{18} شحنة أولية.

يكون للمجال الكهربى ، أو المجال الكهروستاتيكى ، والذى يحيط بأية مادة ، شـحنة . تتناسب شدة المجال الكهربى ، عند أيه مسافة من المادة ، تناسبا مباشرا مـع كميـة الشحنة على المادة . بالقرب من أى مادة لها شحنة كهربائية ثابتـه ، تتناسـب شـدة المجال الكهربى مع مربع المسافة من المادة .

عند وجود مادتين لهما شحنة كهربائية تجلب كل منهما بجوار الأخرى ، عندئذ تظهـر قوى كهروستاتيكية بينهما . عندما تكون الشحنات الكهربائية لها نفس القطبية ، تتنافر القوى الكهروستاتيكية . وعندما تكون الشحنات الكهربائية مختلفة القطبية فإن القـوى

الكهروستاتيكية تتجاذب . في الفراغ المطلـق ، إذا كانـت الـشحنات علـى مـادتين متقاربتين هما q_1 & q_2 ويبعد مركزى المادتين بمسافة r متر ، نحصل على القوة F من معادلة قانون كولوم الاتية :

$$F = (q_1 * q_2) \quad / (4*\rho*r^2)$$

حيث

F = net force between the objects,in newtons

= القوة النهائية بين المادتين (بوحدة نيوتن)

ρ = permittivity of free space, a physical constant, and is the ratio of a circle's circumference to its diameter, a dimensionless mathematicat constant.

= سماحية الفراغ المطلق ، وهو ثابت فيزيائى ، يساوى النسبة بين محيط الدائرة و قطرها ، و هو ثابت رياضى ليس له تمييز

عموما تتنافر القوى النهائية الموجبة بينما تتجاذب القوى النهائية السالبة.

الفيض (Flux)

يشير الفيض (Flux) إلى وجود مجال مدفوع في وسط طبيعى (فيزيائى) محدد أو إلى سريان الطاقة خلال السطح . في الالكترونيات ، يستخدم لفظ الفيض لأى مجال كهروستاتيكي ومجال مغناطيسي . يوصف الفيض بخطوط على سطح مستو والذى يحتوى على أو يتقاطع مع أقطاب الشحنة الكهربائية أو الاقطاب المغناطيسية .

يوضح شكل (2-1) ثلاثه أمثلة لخطوط الفيض

يمثل شكل (2-1) أ الاتجاه الهندسي لخطوط الفيض بالقرب من جسم مشحون كهربيا . تتناسب شدة المجال (intensity of the field) عكسيا مع الانفصال (أو الافتراق) بين خطوط الفيض. تنخفض كثافة الفيض (Flux density) وبالتالى شدة المجال الكهروستاتيكى ، كلما زادت المسافة من الجسم المشحون . أى تتناسب كثافة الفيض الكهروستاتيكى عكسيا مع المسافة من المركز المشحون .

يوضح شكل (2-1) ب خطوط الفيض حول موصل يحمل تيار ، وهـى تمثـل كـسطح متعامد على الموصل . وحيث أن الفيض يكون حول الجسم المشحون كهربيـا ، فـإن الانفصال (أو الافتراق) بين خطوط الفيض يزيد كلما زادت المسافة من الموصل .

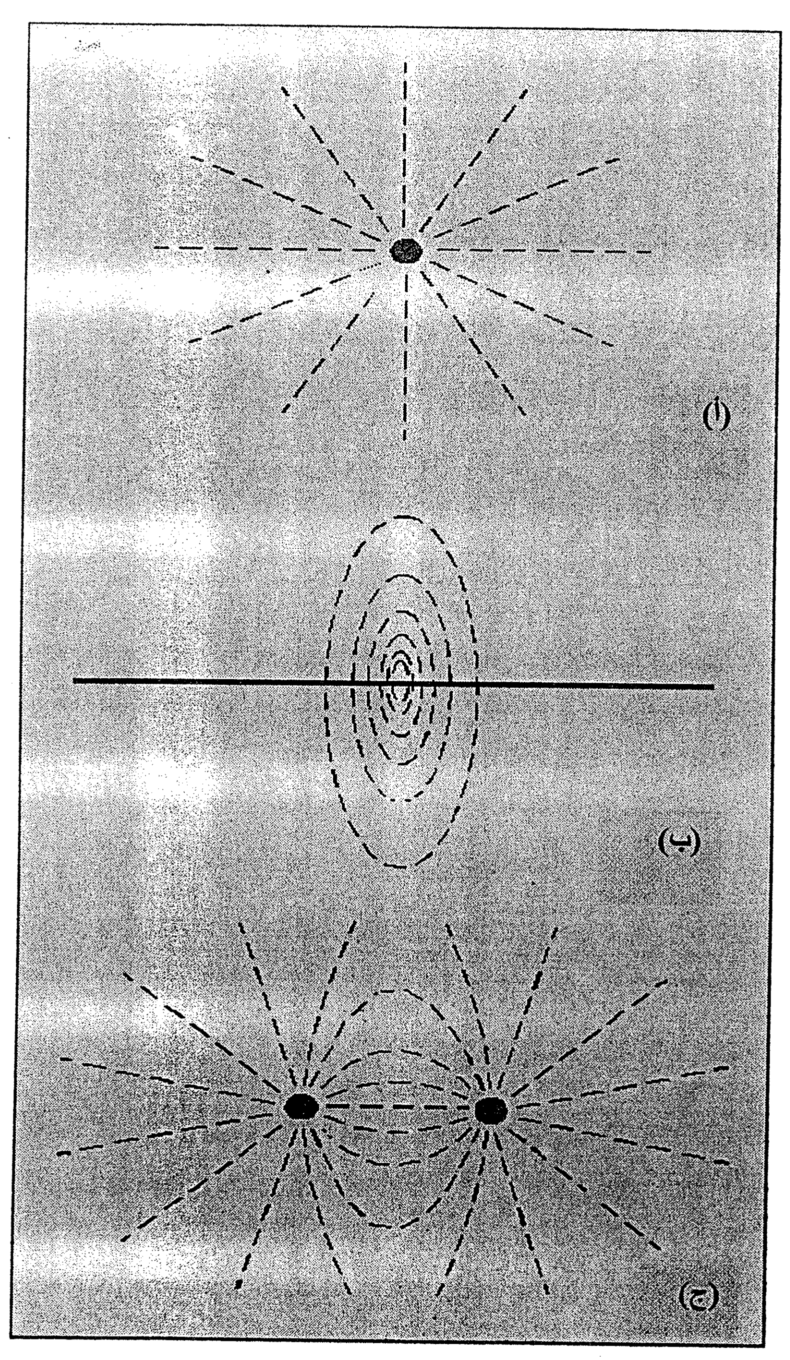
تتناسب شدة الفيض عكسيا مع المسافة من الموصل الحامل للتيـار ، والمقـاس فـى مستوى متعامد مع الموصل.

يبين شكل (2-1) ج الاتجاه العام لخطوط الفيض لمجال كهروسـتاتيكى بـين قطبـين مشحونين عكسيين فى مستوى يحتوى على مركزى القطبين . للمجال المغناطيسى بين قطبين عكسيين ، يكون لخطوط الفيض نفس الشكل العام والاتجاه . أكبر كثافة فـيض تكون بالقرب من الاقطاب . وتكون كثافة الفيض على طول وبالقرب من الخط الواصـل بين القطبين. كلما زادت مسافة الخط بين القطبين كلما انخفضت كثافة الفيض .

تعتبر خطوط الفيض شئ معنوى ، حيث أنها لا ترى . ولكن يمكن ملاحظتها بشكل غير مباشر ، والتى تحدث تأثيرات قابلة للإثبات . عند وضع نشارة حديد على سطح ورقـة ثم ضع الورقة على مغناطيس ، عندئذ تقترب كلتا الاقطاب المغناطيسية من الورقـة ، ونحصل على شكل مماثل لشكل (2-1) ج

المجال الكهرومغناطيسى EMF (Electromagnetic Field)

ينتج المجال الكهرومغناطيسى عنـدما تـزداد سـعة الجزيئـات المـشحونة ، مثـل الالكترونات، عموما فإن جميـع الجزيئـات المـشحونة كهربيـا تحـاط بالمجـالات الكهرومغناطيسية . تحدث المجـالات الكهرومغناطيـسية عنـدما تتحـرك الجزيئـات المشحونة . وعندما تتغيـر سـرعة الجزيئـات المـشحونة عندئـذ يحـدث المجـال الكهرومغناطيسى.



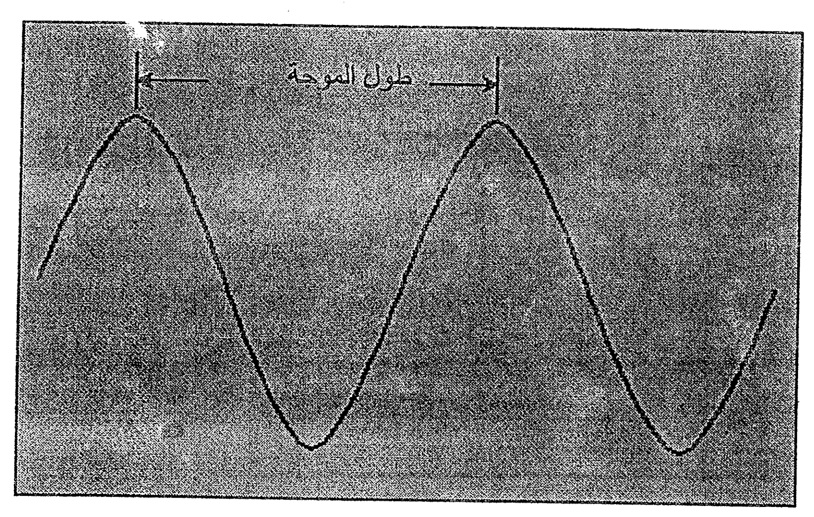
شكل (2-1) خطوط الفيض المغناطيسى

تم الاكتشاف الأول للمجالات الكهرومغناطيسية فى القرن التاسع عشر عندما لاحظ الفيزيائيون أن الأقواس الكهربائية (electric arcs) أو الشرارات (sparks) يمكن أن يعاد حدوثها على مسافة ، ولايوجد اتصال بالأسلاك بينهما . هذا أدى إلى اعتقاد لدى العلماء بأنه يمكن حدوث اتصال على مسافة طويلة بدون وجود أسلاك للاتصال . ولقد استخدمت أول محطة ارسال لاسلكى فكرة الاقواس الكهربائية للارسال . وعرفت بمحطات الارسال بالشرارة (spark transmitters) هذه المحطات ومايلزمها من محطات استقبال ، أثار أهتمام الأشخاص فى القرن العشرين كما أثار الانترنت الأشخاص حاليا . وكان ذلك بداية ماعرف الآن بالاتصالات اللاسلكية (wireless communication) .

تتولد المجالات المغناطيسية من التيار المتردد (AC) المار فى الموصلات الكهربائية . يكون مدى تردد (Frequency) التيار المتردد من دورة واحدة فى آلاف السنين (عند النهاية المنخفضة) إلى تريليون أو كودراليون (trillions or quadrillions) دورة لكل ثانية (عند النهاية العالية) . تكون وحدة التردد هى الهرتز (Hz) . وعادة تستخدم الوحدات الكبيرة للتردد مثل كيلوهرتز (KHz) & ميجا هرتز (MHz) & جيجا هرتز (GHz) .

تعتمد طول موجة (wavelength) المجال المغناطيسى على التردد .

تعرف طول الموجة بأنها المسافة بين نقطتين متماثلتين فى الدورات المتعاقبة لاشارة (signal) شكل الموجة المنتشرة فى الفراغ أو على طول موصل ، كما فى شكل (1-3). فى الأنظمة اللاسلكية ، فإن طول الموجة يكون بالمتر أو بالسنتيمتر أو بالمللى متر . فى حالة أشعة جاما (gamma) والأشعة فوق البنفسجية (ultraviolet) والضوء المرئى (visible light) والأشعة تحت الحمراء (infrared) فإن طول الموجة تكون بوحدة نانومتر (nanometers) ، أى 10^{-9} متر أو وحدة انجستروم (Angstrom) أى 10^{-10} متر .



شكل (3-1) طول الموجة

تكون العلاقة بين طول الموجة والتردد عكسية . فإن الإشارة ذو التردد العـــالى يكـــون لها طول موجة قصيرة . والعكس بالعكس . وتخضع للعلاقة الاتية:

W= 300 / f .... (1)

حيث

W = wavelength in meters

= طول الموجة بالأمتار

f = Frequency of EM wave in MHz

= تردد موجة المجال الكهرومغناطيسى بوحدة ميجاهرتز

مثلا : إشارة لها تردد 100MHz فإن طول موجة المجال الكهرومغناطيسى تكون

W = 300 / 100 = 3 meters

يمكن استخدام المعادلة رقم (1) عندما يكون التردد بوحده GHz ونحصل على طول الموجة بوحدة المللى متر (mm) .

مثلا : إذا كانت f = 30 GHz فإن W= 10 mm وهكذا ...

يوضح جدول (1-1) أطوال الموجات والترددات شائعة الاستخدام فى خطوط القوى الكهربائية

جدول (1-1) أطوال الموجات والترددات شائعة الاستخدام

طول الموجه		التردد (هرتز)	المصدر
كيلو متر	ميل		
5000	3100	60 HZ	خطوط القدرة Power line (الولايات المتحده الأمريكيه)
6000	3750	50 HZ	خطوط القدرة Power line (أوروبا وأغلب الدول الأخرى)

يوضح جدول (2-1) حدود الترددات وأطوال الموجات للطيف المغناطيسى يسمى علم طاقة المجال الكهرومغناطيسى بطيف الإشعاع الكهرومغناطيسي (electromagnetic radiation spectrum) نظريا ، يحدث هذا الامتداد من أطوال الموجات الطويلة إلى أطوال الموجات القصيرة .

ويعرف طيف الاشعاع الكهرومغناطيسى بأنه المدى الكامل لأطوال موجات الاشعاع الكهرومغناطيسى ، يبدأ من الموجات اللاسلكية الأكثر طولا (بالاضافة إلى مدى الصوت audio) ويمتد خلال الضوء المرئى (جزء صغير جدا من الطيف) جميع الموجات إلى أشعة جاما القصيرة الممتدة والتي تنتج من ذرات إشعاعية النشاط (radio active atoms) .

يحدث الاشعاع الكهرومغناطيسى من طبيعة المجال الكهرومغناطيسى .

يبين شكل (4-1) توضيح ترددات الطيف الكهرومغناطيسى .

جدول (2-1) حدود الترددات وأطوال الموجات للطيف المغناطيسى

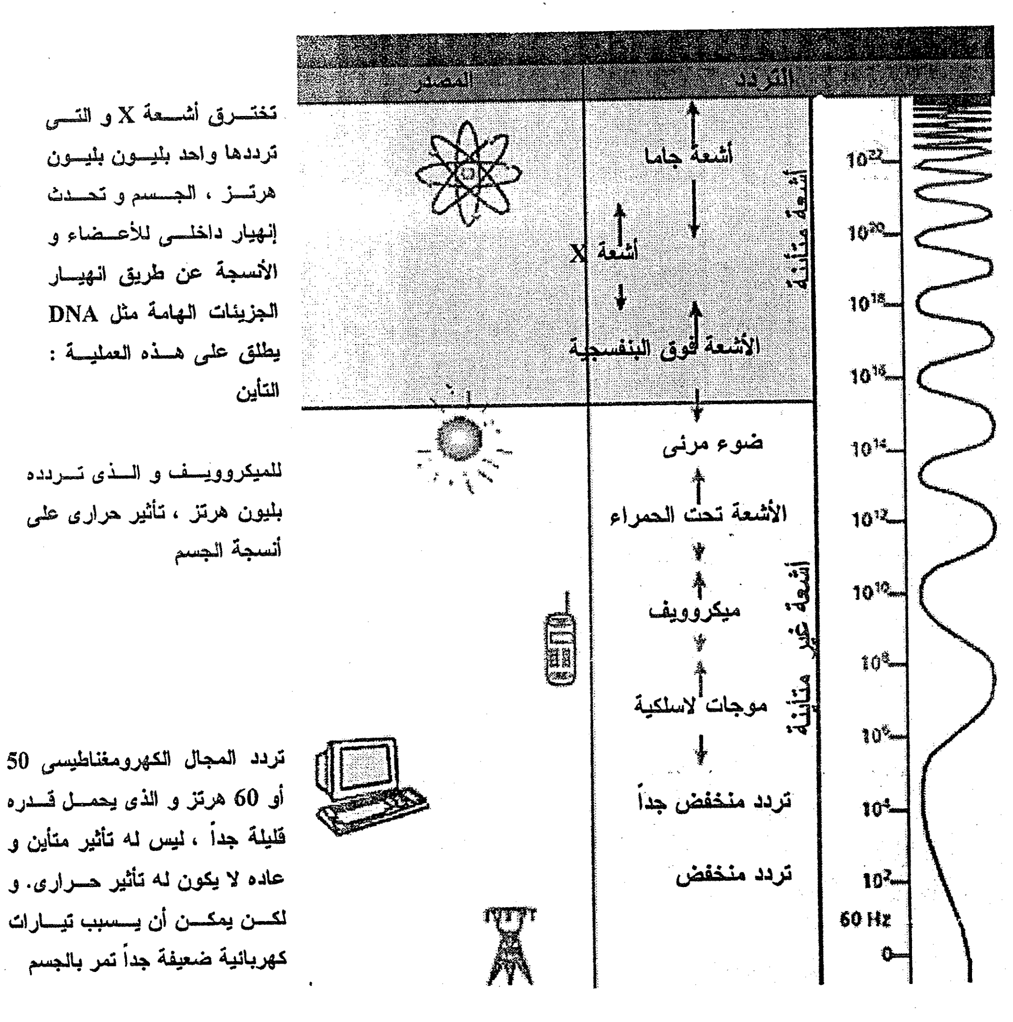
حدود التردد Frequency Range	حدود طول الموجه Wavelength Range	Name الاسم
>300 GHz	< 1mm	Infrared الاشعه تحت الحمراء
30 GHz - 300 GHz	10 mm - 1mm	Extremely high frequency (EHF) تردد بالغ العلو
>3 GHz - 30 GHz	10cm–1cm	Super high frequency(SHF) تردد فوق العالى
300 MHz - 3 GHz*	1m–10cm	Ultra high frequency(UHF) تردد مابعد العالى
30 MHz - 300 MHz	10m–1m	Very high frequency(VHF) تردد عالى جدا
3 MHz - 30 MHz	100m–10m	High frequency(HF) تردد عالى
300 KHz - 3 MHz	1km–100m	Medium frequency(MF) تردد متوسط
30 KHz - 300 KHz	10km–1km	Low frequency(LF) تردد منخفض
3 KHz - 30 KHz	100km–10km	Very Low frequency(VLF) تردد منخفض جدا
300 Hz - 3KHz**	1000km–100km	Voice frequency تردد الصوت
>0*** - 300Hz	≥1000km	Extremely Low Frequency(ELF) تردد منخفض العلو
0Hz	-	Static تيار مستمر

* الترددات أكبر من 300 MHz وحتى 300 GHz تعرف بترددات الميكروويف

** الترددات أكبر من 3000 KHz وحتى 300 GHz تشير إلى ترددات الراديو

بينما الترددات الأقل فإنها تشير إلى ترددات الراديو الفرعيه (Subradio frequencies)

*** التعريف التقليدى للترددات منخفضه العلو هى الترددات من 30 Hz و حتى 300 Hz



شكل (4-1) الطيف الكهرومغناطيسى

المجالات المغناطيسية والكهربائية Electric and Magnetic Fields

المجالات المغناطيسية والكهربائية عبارة عن خطوط قوى غير مرئية تحيط بالأجهزة والمعدات والموصلات الكهربائية . فجميع خطوط نقل الكهرباء والتوصيلات الكهربائية والآلات الكهربائية تنتج مجالات كهرومغناطيسية . كذلك يوجد العديد من مصادر المجالات الكهرومغناطيسة مثل جميع الأجهزة الكهربائية المنزلية والمكتبية ولعب الأطفال التى تعمل بالكهرباء ..

تنتج المجالات الكهربائية نتيجة وجود الجهد وتزيد شدتها كلما زاد مستوى الجهد . وتقاس شدة المجال الكهربى بوحدة فولت/متر (V/m) . وتوجد المجالات الكهربائية حول الأجهزة الكهربائية حتى ولو كانت فى حالة عدم تشغيل ، إذ يكفى وجود مصدر جهد التشغيل على طرفى الفيشة (plug) حتى تنتج المجالات الكهربائية . . يوضح شكل (5-1) أ & ب مقارنة بين أباجورة متصلة بمصدر كهرباء ولكن غير مضاءة . وينتج عن ذلك مجالات كهربائية ، وخرطوم موصل بصنبور مفتوح ولكن فتحة خرطوم المياه مغلقة .

تحدث المجالات المغناطيسية عند مرور تيار بالأسلاك أو بالأجهزة الكهربائية وتزيد شدة المجال المغناطيسى كلما زاد التيار المار . تقاس المجالات المغناطيسية بوحدة الجاوس (G) أو التسلا (T) . أغلب الأجهزة الكهربائية تعمل عند توصيل مفتاح التشغيل أى عندما يمر التيار بالسلك أو الجهاز ، عندئذ تنتج المجالات المغناطيسية حول السلك أو الأجهزة ..

يوضح شكل (6-1) أ & ب مقارنة بين أباجورة تم إضاءتها عند توصيل مفتاح التشغيل، عندئذ يمر تيار بالسلك ويحدث مجالات مغناطيسية ، وخرطوم موصل بصنبور مفتوح وفتحة الخرطوم مفتوحة عندئذ تندفع المياه من فتحة الخرطوم .

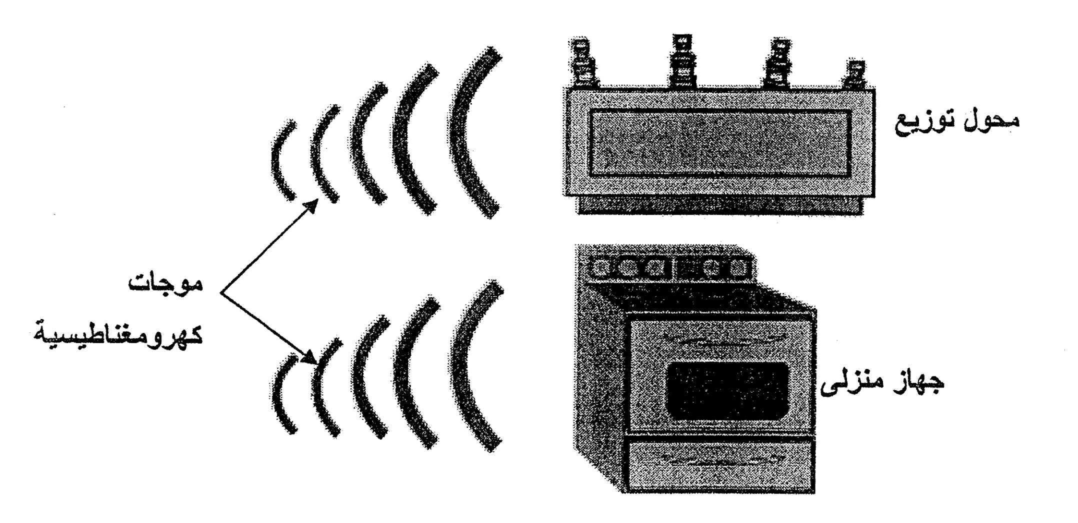
ويوضح شكل (7-1) أ & ب تمثيلا لكل من المجالات المغناطيسية والكهربائية.

يعتمد تغير مستويات المجالات المغناطيسية على عدة عوامل مختلفة والتى منها كمية التيار المار وكذلك قرب المصادر المسببة لانبعاث المجالات المغناطيسية . مثلا تكون

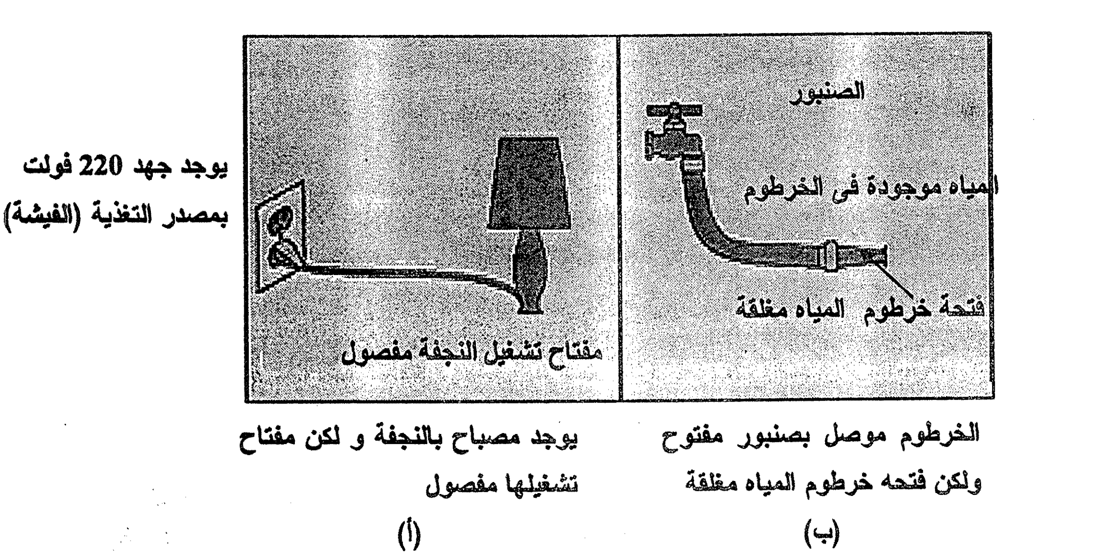
المستويات القريبة من الأجهزة أو من الحوائط أعلى من المستويات المقروءة فى وسط المكان أو الفراغ المقاس به المجالات .

يبين شكل (8-1) أمثلة لمصادر المجالات الكهرومغناطيسية .

يبين شكل (9-1) ماكينة تصوير ينتج ، عند تشغيلها ، مجالات مغناطيسية تكون شديدة بالقرب من الماكينة وتنخفض قيمتها كلما بعدت المسافة عن الماكينة . تتشابه بعض خصائص المجالات المغناطيسية والكهربائية وتختلف بعضها ويوضح جدول (3-1) هذه الخصائص .



شكل (8-1) أمثلة لمصادر المجالات الكهرومغناطيسية



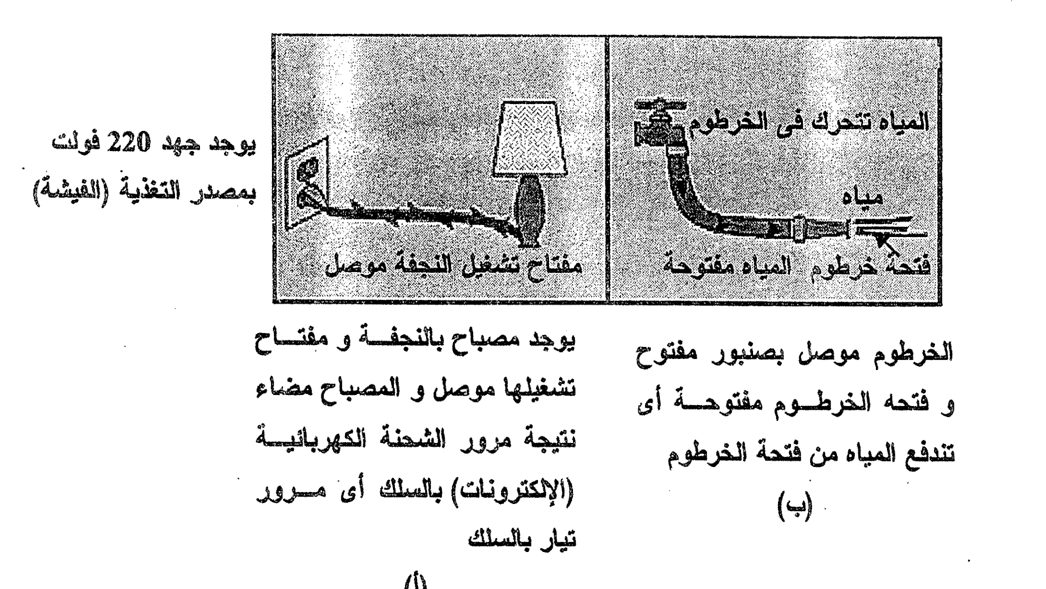
يوجد مصباح بالنجفة و لكن مفتاح تشغيلها مفصول

(أ)

الخرطوم موصل بصنبور مفتوح ولكن فتحه خرطوم المياه مغلقة

(ب)

شكل (1-5) مقارنة بين (أ)وجود مصدر الكهرباء (الجهد) مع عدم تشغيل النجفة (ب)وجود المياه بالخرطوم مع عدم فتح خرطوم المياه



الخرطوم موصل بصنبور مفتوح و فتحه الخرطوم مفتوحة أى تندفع المياه من فتحة الخرطوم

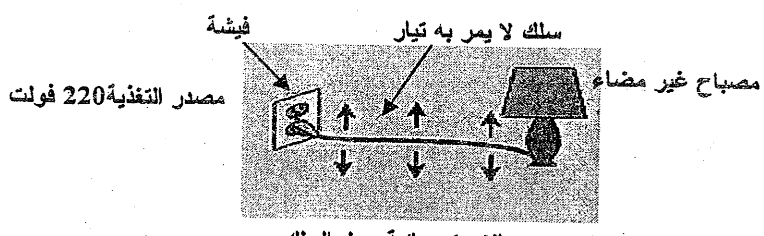
(ب)

يوجد مصباح بالنجفة و مفتاح تشغيلها موصل و المصباح مضاء نتيجة مرور الشحنة الكهربائية (الإلكترونات) بالسلك أى مرور تيار بالسلك

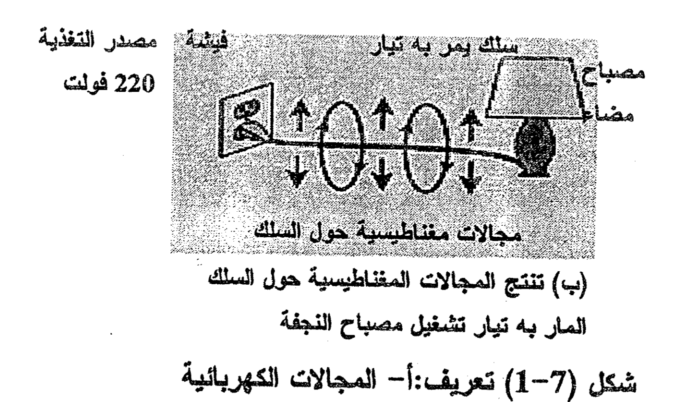
(أ)

شكل (6-1) مقارنة بين (أ) وجود مصدر الكهرباء (الجهد) مع تشغيل النجفة و مرور تيار بالسلك

(ب) وجود المياه بالخرطوم و إندفاعه من فتحة الخرطوم



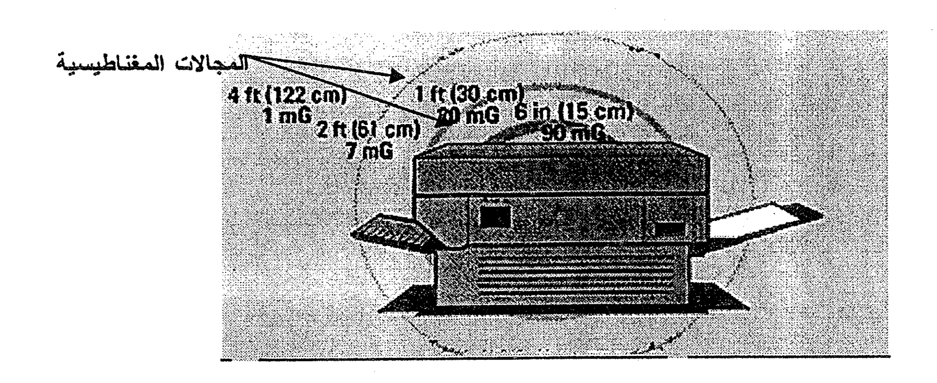
(أ) تنتج المجالات الكهربائية حول السلك نتيجة وجود جهد بمصدر التغذية على الرغم من عدم توصيل مفتاح تشغيل النجفة أى المصباح غير مضاء

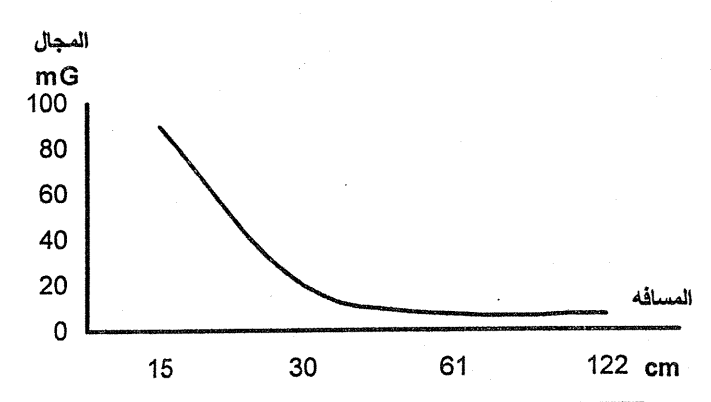


(ب) تنتج المجالات المغناطيسية حول السلك المار به تيار تشغيل مصباح النجفة

شكل (7-1) تعريف:أ- المجالات الكهربائية

ب- المجالات المغناطيسية





المجال المغناطيسى (مللى جاوس mG)	المسافة من ماكينة التصوير	
90	15 cm	6 in
20	30 cm	1 ft
7	61 cm	2 ft
1	122 cm	4 ft

شكل (9-1) تغير المجال المغناطيسى المقاس حول ماكينة تصوير مع البعد عن الماكينة

جدول (3-1) مقارنه بين المجالات المغناطيسيه والمجالات الكهربائيه

المجالات الكهربائيه	المجالات المغناطيسيه
• تنتج عند وجود الجهد بمصادر تغذيه الأجهزة الكهربائية أو بخطوط نقل الكهرباء	• تنتج من مرور التيار بالسلك أو الموصل أو الأجهزة الكهربائية أو على خطوط نقل الكهرباء
• تقاس بوحده : فولت/متر أو ك.فولت/متر	• تقاس بوحده : جاوس (G) أو تسلا (T)
• سهولة حجب المجالات الكهربائية	• عدم سهوله حجب المجالات المغناطيسية
• الانخفاض السريع للمجالات الكهربائيه كلما زادت المسافه عن مصدر انبعاث المجالات الكهربائية	• الانخفاض السريع للمجالات المغناطيسية كلما زادت المسافة عن مصدر انبعاث المجالات المغناطيسية
• توجد المجالات الكهربائية حتى عند عدم تشغيل الأجهزة الكهربائية	• تظهر المجالات المغناطيسية بمجرد تشغيل الأجهزة الكهربائية ومرور التيار بها .
• أغلب مواد البناء تحجب المجالات الكهربائية لبعض المدى	• لا تنخفض المجالات المغناطيسية عن طريق أغلب المواد

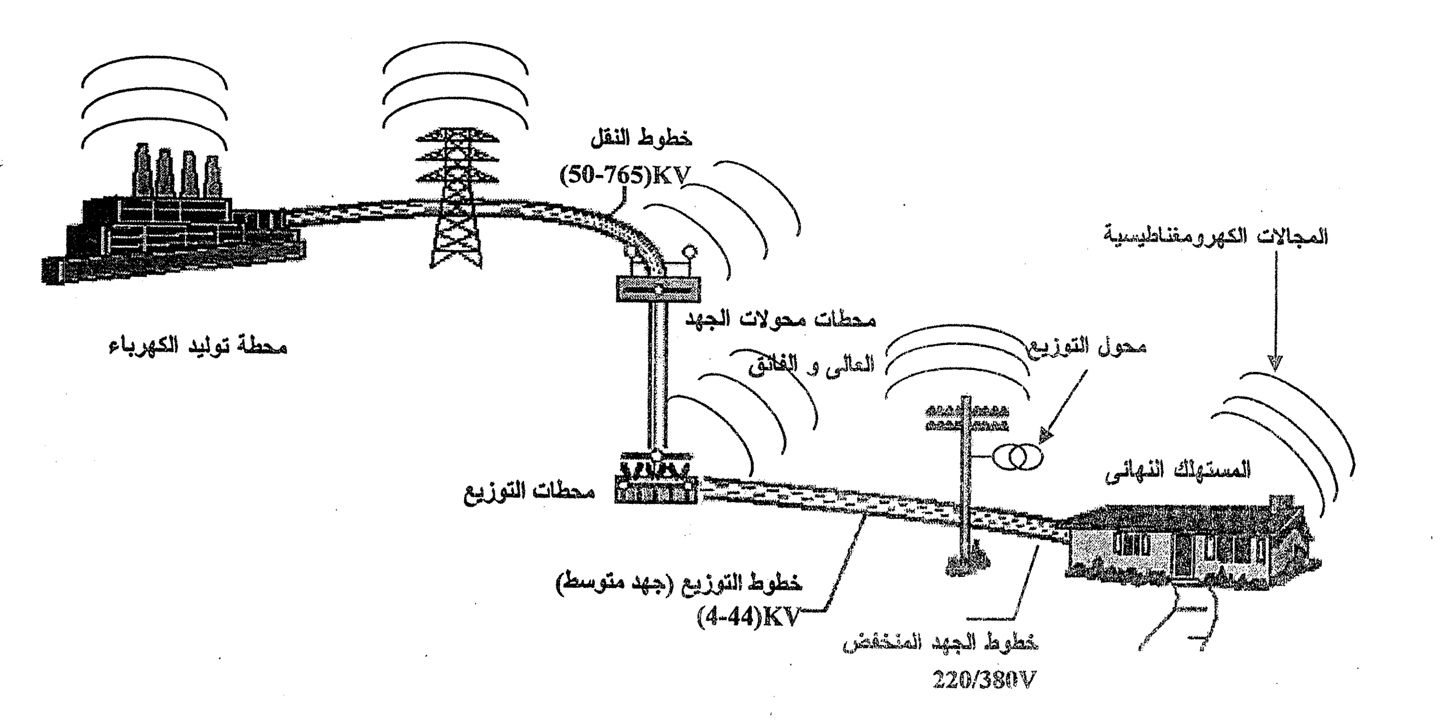
تعتبر خطوط القوى الكهربائية من المصادر الأساسية المنتجة للمجالات الكهربائية والمغناطيسية . ويوجد نوعين من خطوط القوى هما : خطوط النقل وخطوط التوزيع . خطوط النقل هى خطوط قوى ذات جهود عالية وفائقة (765 kV) . حيث تسمح الجهود العالية والفائقة بحمل القدرة الكهربائية بكفاءة عالية لمسافات طويلة من مصدر توليدها وحتى محطات المحولات الفرعية. للمحطات الكهربائية الفرعية وظائف متعددة منها التحكم وتحويل القدرة الكهربائية . تتكون الأنظمة الكهربائية من العديد من المعدات الكهربائية طبقا للوظائف الخاصة بالمحطة الفرعية . مثلا محولات القدرة تعمل على تحويل الجهود العالية ، المغذاه من خطوط النقل ، إلى جهود منخفضة تستخدم لتغذية خطوط التوزيع . بينما تستخدم قواطع التيار (Circuit breakers) لتوصيل أو فصل القدرة الكهربائية لخطوط النقل أو التوزيع .

تستخدم خطوط التوزيع لنقل الجهود المتوسطة إلى محولات التوزيع والتى بدورها تخفض الجهد المتوسط إلى جهد منخفض 220V أو 380V لتغذية المرافق والمساكن و....و....

يوضح شكل (10-1) تمثيل لمكونات شبكات الكهرباء كمصادر للمجالات الكهرومغناطيسية .

يبين شكل (11-1) تمثيل لمصادر المجالات المغناطيسية بموقع معين قريب من :

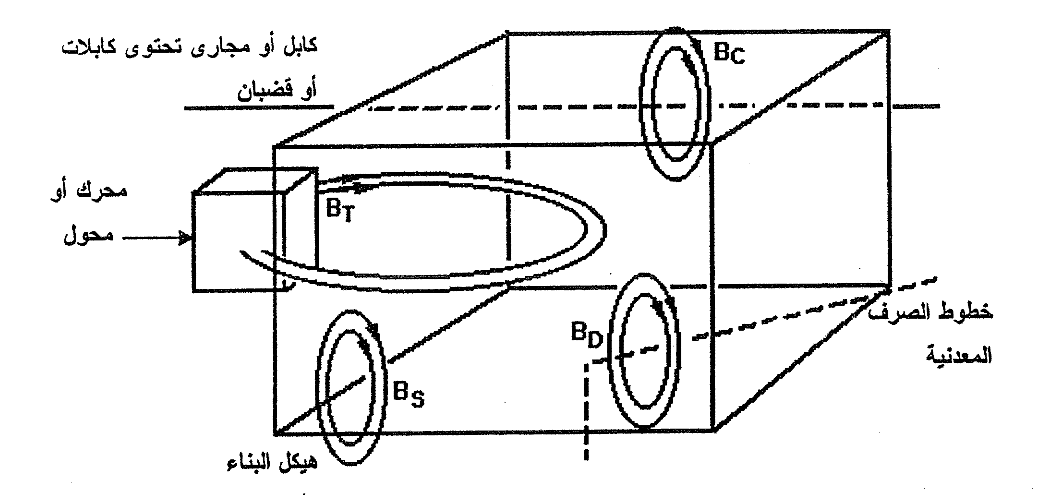
- المعدات المحتوية على قلب مغناطيسي مثل المحركات أو المحولات والذى يصدر عنها مجالات B_T والتى تنخفض بشدة مع البعد عن هذه المعدات .
- تيارات الأرضى المارة خلال المسارات ذات الموصولية (Conductive paths) مثل هياكل المبانى والذى يصدر عنها مجالات B_S والتى تنخفض بسرعة مع البعد عن هذه المسارات .
- خطوط الصرف المعدنية (metallic drain lines) والتى يصدر عنها مجالات B_D .



شكل(10-1) تمثيل للمكونات الأساسية لشبكة الكهرباء كمصادر للمجالات الكهرومغناطيسية

- قضبان التوزيع ذات التيارات العالية (أو الكابلات أو المجارى) والتى يصدر عنهـــا مجالات B_C

فى المبانى والمواقع المختلفة تكون مصادر المجالات الكهرومغناطيسية هـــى أنظمـــة الإضاءة ومحركات الكمبروسور بالتكيفات وأجهزة الحاســب الآلى والغســالة والثلاجة و ... و ...



شكل (1-11) مصادر المجالات المغناطيسية بموقع قريب من محول و كابلات......

الباب الثانى
تعريفات
Definitions

يستعرض هذا الباب التعريفات المتعلقة بالمجالات المغناطيسية و الكهربائية طبقاً للمواصفات القياسية العالمية و كذلك بعض مواقع شبكة الإنترنت:

1- Field

An area of influence surrounding an electromagnetic source. Time-varying magnetic fields (those whose strength or direction change with time) are capable of inducing electric currents in conductors, including humans.

1- المجال

هو المساحة المتأثرة حول مصدر الكهرومغناطيسية . تنتج المجالات المغناطيسية المتغيرة مع الزمن (تتغير الشدة أو الاتجاه مع الزمن) من التيارات الكهربائية بالموصلات .

2-Electric and Magnetic fields

Electric and magnetic fields are invisible lines of forces that surround any electrical device.

2- المجالات الكهربائية والمغناطيسية

هى خطوط قوى غير مرئية تحيط بأي جهاز كهربائى.

3-Electric and Magnetic Field

Electric and magnetic fields are produced by any wiring or equipment carrying electric current. This includes overhead and underground power lines carrying electricity, wiring in buildings, and electrical appliances. The strengths of the fields decrease rapidly with increasing distance from the source.

3- المجالات الكهربائية والمغناطيسية

تنتج المجالات الكهربائية والمغناطيسية من أى سلك أو جهاز يحمل تيار كهربى.
يشمل ذلك الخطوط الهوائية والكابلات الأرضية الحاملة للكهرباء ، والتوصيلات بالمبانى ، والأجهزة الكهربائية . تنخفض قوى المجالات بسرعة كلما زادت المسافة من المصدر.

4-Electric and Magnetic Fields (EMFs)

EMFS are invisible lines of force that surround any electric device including power lines, electrical wiring, and electrical equipment, Electric fields are produced by voltage and increase in strength as the voltage increases . Magnetic fields result from the flow of current through wires and or electrical devices and increase in strength as the current increases.

4- المجالات الكهربائية والمغناطيسية

المجالات الكهربائية والمغناطيسية عبارة عن خطوط قوى غير مرئية والتى تحيط بأى جهاز كهربائى ، مثل خطوط القوى الكهربائية ، والتوصيلات الكهربائية والمعدات الكهربائية . تنتج المجالات الكهربائية من الجهد وتزيد شدة المجال كلما زاد الجهد . تنتج المجالات المغناطيسية من مرور التيار خلال التوصيلات أو بالأجهزة الكهربائية وتزيد شدة المجال كلما زاد التيار.

5- Electric and Magnetic fields (EMF)

The force fields around an electric conductor that has voltage and current. "EMF" is often used (as in this document) to describe power-frequency-induced magnetic fields.

5- المجالات الكهربائية المغناطيسية

هى مجالات القوى حول الموصل الكهربى الحامل للتيار والجهد غالبا تستخدم (EMF) لوصف المجالات المغناطيسية الحادثة من ترددات القدرة.

6-Electromagnetic Fields (EM fields)

EM field is generated when charged particles , such as electrons , are accelerated , All electrically charged particles are surrounded by electric fields . Charged particles in motion produce magnetic fields when the velocity of charged particle changes , an EM field is produced.

6 – المجالات الكهرومغناطيسية

يتولد المجال الكهرومغناطيسي عندما تزداد سرعة الجزئيات مثل الالكترونات ، المشحونة . تحاط جميع الجزئيات المشحونة كهربيا بالمجالات الكهربائية. تنتج الجزئيات المشحونة المتحركة مجالات مغناطيسية . عند تغير سرعة الجزئيات المشحونة ، ينتج المجال الكهرومغناطيسي .

7- Electromagnetic fields

Electromagnetic fields are invisible electric and magnetic fields created as a by-product wherever electricity (AC and DC) is utilized. Magnetic field can penetrate buildings and people and can be detected when computer monitors jiggle or lose color, noise in audio – visual equipment or data errors and loss in magnetic media.

7– المجالات الكهرومغناطيسية

تكون المجالات الكهرومغناطيسية عبارة عن مجالات كهربية ومغناطيسية غير مرئية تتخلق من منتج ثانوى يستخدم الكهرباء (تيار متغير وتيار مستمر) . تخترق المجالات المغناطيسية المبانى والأشخاص ويمكن كشفها عند اهتزاز أو ضياع ألوان شاشة الكمبيوتر، أو حدوث تشويش بالمعدات المرئية والمسموعة أو أخطاء وضياع البيانات وذلك للمعدات الموجودة فى وسط مغناطيسى .

8- Electromagnetic field

A field of force, produced by electric charges ad currents, which has both an electric and a magnetic component and contains electromagnetic energy.

8- المجال الكهرومغناطيسي

هو مجال من القوى ، ينتج من الشحنات الكهربائية ومن التيار ، والتى لها كل من المركبة الكهربائية والمغناطيسية وتحتوى على طاقة كهرومغناطيسية.

9- Magnetic field (MF)

The force field produced by an electric current.

9- المجال المغناطيسى

هو قوة المجال نتيجة التيار الكهربى

10-Magnetic Fields

A vector quantity measured as amperes per meter (A/m) , are generated when electric charges are moving in free space and within conductors.

10- المجالات المغناطيسية

كمية متجهة تقاس بوحدة : أمبير / متر ، وتنتج المجالات عندما تتحرك الشحنات الكهربائية فى الفراغ المطلق وفى الموصلات .

11- Magnetic Fields

When you turn on an electric appliance, the electric current creates a magnetic field. The higher the current, the greater the magnetic field .Magnetic field measurement is expressed in units called Gauss (G) or milliGauss (mG) or microtesla (μT)

11- المجالات المغناطيسية

عند تشغيل جهاز كهربائى ، فإن التيار الكهربى يخلق مجال مغناطيسى . ينتج التيار الاعلى مجال مغناطيسى أعلى . يقاس المجال المغناطيسي بوحدة الجاوس أو المللى جاوس أو الميكرو تسلا.

12-Electric Fields

A vector quantity measured in volt per meter (V/m), are created by electric charges in free space and on conductive objects.

12-المجالات الكهربائية:

كمية متجهة تقاس بوحدة : فولت / متر ، تنتج المجالات من الشحنات الكهربائية فى الفراغ المطلق وعلى المواد التوصيلية.

13-Electric Fields

An electric field is created by voltage. The higher the voltage, the greater the electric field. For example, a high voltage transmission line that brings electricity to a city will create a much stronger electric field than a television set or electric oven. Electric field strength is measured in volts per meter (V/ m) or (kV/m).

13- المجالات الكهربائية

ينتج المجال الكهربى من الجهد ، تنتج الجهود العالية مجال كهربى أعلى . مثلا خطوط نقل الجهود العالية والتى تغذى المدينة بالكهرباء ، تنتج مجال كهربى أكثـــر شدة من المجال الناتج من جهاز التليـــفزيون أو الفرن الكهربى . تقاس شدة المجال الكهربى بوحدة فولت / متر أو ك.فولت / متر.

14- Electric Field (EF)

The force electric charges exert on other objects, measured in volts per meter (V/m). The strength of an electric field is a function of voltage and not of current.

14- المجال الكهربى

هى شحنات قوى كهربائية تستخدم لأغراض أخرى ، تقاس بوحدة فولت / متر . تكون شدة المجال الكهربى بدلالة الجهد وليس التيار .

15- Magnetic flux density (B)

The measurement of the strength and direction of a magnetic field in a given area.

15- كثافة الفيض المغناطيسى

قياس شدة واتجاه المجال المغناطيسي فى المساحة المعطاه.

16- Electromagnetic Spectrum

A breakdown of electromagnetic fields according to their frequency and wavelength. Some of the spectrum divisions are: extra low-frequency (ELF), very low frequency (VLF), radio-frequency (RF), microwave, visible light, and ionizing radiation (X-rays and gamma rays).

16- الطيف الكهرومغناطيسى

يتم تحليل المجالات الكهرومغناطيسية طبقا لتردد وطول موجه هذه المجالات . ينقسم بعض الطيف إلى : تردد منخفض بشده ، تردد منخفض جدا ، تردد الراديو ، ميكروويف ، الضوء المرئى ، إشعاعات مؤينة (أشعة إكس ، أشعة جاما) .

17-Non-ionizing electromagnetic radiation
The range of the electromagnetic spectra, comprising direct current, extremely low frequencies, very low frequencies, radio frequencies, microwaves, infrared, visible light, and part of ultraviolet.

17- الأشعة الكهرومغناطيسية غير المؤينة

هو مدى الطيف الكهرومغناطيسي ، والذى يشمل : التيار المستمر والترددات المنخفضة إلى حد بعيد ، والترددات المنخفضة جدا ، وترددات الراديو ، والميكروويف ، الموجات تحت الحمراء والضوء المرئى وجزء من الموجات فوق البنفسجية.

18- Radiation
Energy that is propagated through space in waves or particles. Some common forms of radiation are x-rays, microwaves, light, and radio waves.

18- الإشعاع

الطاقة التى تنتشر خلال الفراغ على شكل موجات أو جزيئات .

من بعض الأشكال الشائعة للإشعاع : أشعة إكس ، والميكروويف ، والضوء ، وموجات الراديو.

19- Tesla
A very large unit of measure of magnetic fields. One tesla equals 10,000 gauss. A microtesla (μT), one millionth of a tesla, is a smaller measure that is sometimes used. One microtesla equals 10 milligauss.

19- تسلا

وحدة كبيرة جدا لقياس المجالات المغناطيسية ، واحد تسلا = 10000 جاوس ، والميكرو تسلا وحدة صغيرة للقياس. واحد ميكرو تسلا = 10 مللى جاوس .

20- gauss (G)
A unit used for measuring magnetic flux density fields. Since gauss is a large measure, milligauss (mG) is more commonly used for environmental measurements. One gauss equals 1,000 milligauss, 10,000 gauss equal 1 tesla.

20- جاوس

وحدة تستخدم لقياس مجالات كثافة الفيض المغناطيسي . يعتبر الجاوس وحدة قياس كبيرة ، لذا فإن مللى جاوس يعتبر الأكثر شيوعا فى الاستخدام للقياسات البيئية . الواحد جاوس يساوى 1000 مللى جاوس ، بينما 10000 جاوس يساوى واحد تسلا .

21- Milligauss (mG)
One-thousandth of a gauss. (1.0 mG = 0.001 G)

21- مللى جاوس

واحد جاوس يساوى 1000 مللى جاوس.

22- gaussmeter
A device used to measure magnetic fields.

22- جاوس ميتر

الجهاز المستخدم لقياس المجالات المغناطيسية

23-Volt per meter
Electric fields are measured in volts per meter or in thousands of volts per meter (kV/m).

23-فولت/متر

تقاس المجالات الكهربائية بوحدة فولت/متر أو ك.فولت/متر.

24-Electric charge, current & voltage

Electric charge, whether negative electrons or positive protons، is measured in units called coulombs (C), where one coulomb has the charge of 6 ×10 E+ 18 electrons or protons. Electric charges exist both in free space and on conductive materials. When electric charge is in motion it is called current, which is measured in amperes (A). One ampere is equal to one coulomb of electric charge per second. The electric potential between two points, defined as voltage (V), is the work measured in joules per coulomb (or voltage) necessary to move a unit electric charge between the two points.

24-الشحنة الكهربائية ، التيار ، الجهد

تقاس الشحنة الكهربائية ، إذا كانت الكترونات سالبة أو بروتونات موجبة ، بوحدة تعرف بالكولوم ، الواحد كولوم يحتوى على شحنة تساوى 6×10^{18} الكترونات أو بروتونات . توجد الشحنات الكهربائية فى كل من الفراغ المطلق والمواد التوصيلية . عندما تتحرك الشحنة الكهربائية عندئذ تسمى تيار ، والذى يقاس بالأمبير . واحد أمبير يساوى واحد كولوم من الشحنة الكهربائية لكل ثانية. يعرف الضغط الكهربى بين نقطتين بالجهد ، وهو الشغل المقاس بالجول لكل كولوم (أو الجهد) اللازم لحركة وحدة شحنة كهربائية بين نقطتين .

25- Charge

The electrical property of matter that is responsible for creating electric fields. Charge is either positive or negative.

25- الشحنة

خاصية كهربائية مسئولة عن تخليق المجالات الكهربائية . وتكون الشحنة إما موجبة أو سالبة .

26-Alternating current

An electrical current that changes strength and direction of flow with a certain regular cycle. For example, 50 Hertz AC is an electrical current that changes its polarity (from positive to negative and back to positive; a complete cycle) sixty times per second

26-التيار المتردد

التيار الكهربى هو الذى يغير شدته واتجاهه فى دورة منتظمة . مثلاً ، التيار المتردد لتردد 50 هرتز ، هو التيار الكهربى الذى يغير قطبيته (من الموجب إلى السالب ثم يعود إلى الموجب ، خلال دورة كاملة) خمسين مرة خلال الثانية .

27-Current

The flow of electric charge through a power line or an electric wire. The electric current in a wire is often compared to water flowing through a pipe. Currents produce magnetic fields.

27- التيار

هو سريان الشحنة الكهربائية خلال خط القدرة أو السلك الكهربى . غالبا يشبه التيار الكهربى بالسلك بسريان المياه بالمواسير . ينتج التيار مجالات مغناطيسية.

28- Direct Current (DC)

An electrical current that flows in one direction only. The current produced by batteries is DC.

28- التيار المستمر

هو التيار الكهربى الذى يمر فى اتجاه واحد فقط . يكون التيار الناتج من البطاريات هو تيار مستمر.

29- Leakage current

The current from an electrical circuit or device that flows to ground, usually as a result of imperfect insulation.

29- تيار التسريب

هو التيار من الدائرة الكهربائية أو الجهاز إلى الأرض ، عادة يحدث هذا نتيجة للعزل غير الكامل.

---

30 - Net-current

The current unbalance left over when two or more conductors running together do not balance out each other in amps and/or phase angle. Detected by either a gauss meter or a clamp-on ammeter clamped around the entire circuit. The magnetic field produced by net-current acts the same way as a field from the same current traveling in a single conductor.

30- صافى التيار

هو تيار عدم الاتزان المتبقى نتيجة تشغيل موصلين أو أكثر معا غير متزنين فى القيمة أو الزاوية . يكشف عن ذلك باستخدام جاوس ميتر وكلامب ميتر لقياس التيار حول الدائرة ككل . يعمل المجال المغناطيسي الناتج بفعل صافى التيار بنفس الطريقة للمجال الناتج من مرور التيار بموصل اعادى.

31- Net-through unbalance

A balanced 3-phase network is one where the currents are equal in magnitude and separated in phase by 120 degrees. If the currents are not equal in magnitude or not separated by 120 degrees they are said to be unbalanced. In the case of parallel circuits, unbalanced currents can circulate in a loop between the parallel circuits or they can flow through the network (through unbalance).

31- صافى عدم الاتزان

عند تساوى قيمة تيارات الأطوار الثلاثة وتكون الزاوية بين كل طورين 120° يحدث اتزان للأطوار الثلاثة . عند عدم تساوى قيمة التيارات أو عندما لا تكون الزاوية بين الطورين 120° عندئذ يحدث عدم اتزان.

فى حالة دائرتين متصلتين على التوازى عنئذ يمكن أن تدور تيارات عدم الاتزان فى الحلقة بين الدوائر المتوازية أو يمكن أن تمر خلال الشبكة .

32- Ampere (amp, A)

A unit of measure for electric current, the flow of electricity through a conductor.

32- الأمبير

هو وحدة قياس التيار الكهربى ، هو سريان الكهرباء خلال الموصل .

33- kilovolt (kV)

One thousand volts.

33- كيلو فولت

1000 فولت .

34- kilovolt amps (kVA)

The product of circuit current and voltage and a constant.

34- كيلو فولت امبير

هو حاصل ضرب تيار الدائرة ×الجهد × ثابت

35- kilowatt (kW)

A unit equal to 1,000 watts. A unit of power or the rate of doing work. kW differs from kVA in that kW represents actual power and kVA represents "apparent" power. The two terms differ because of power factor.

35- كيلووات

وحدة تساوى 1000 وات .

هى وحدة القدرة أو معدل الشغل . يختلف الكيلووات عن الكيلو فولت أمبير حيث يمثل الكيلووات القدرة الفعالة بينما يمثل الكيلو فولت أمبير القدرة الظاهرية.و يختلف التعريفين بسبب معامل القدرة

36- Energy

The capacity for doing work or producing heat

36- الطاقة

المقدرة على بذل الشغل أو إنتاج الحرارة.

37- Polarity

Polarity is a term used in electricity, magnetism, and electronic signaling. Suppose there is a constant voltage, also called an electric potential or electromotive force (EMF), between two objects or points. In such a situation, one of the objects points (poles) has more electrons than the other.

The pole with relatively more electrons is said to have negative polarity, the other is assigned positive polarity. If the two poles are connected by a conductive path such a wire, electrons flow from negative pole toward the positive pole. This flow of charge carries constitutes an electric current .

37- القطبية

يستخدم لفظ القطبية فى الكهربائية، والمغناطيسية والإشارة الإلكترونية . بفرض وجود جهد ثابت ، والذى يعرف أيضا بالجهد الكهربى أو القوة الدافعة الكهربائية بين مادتين أو نقطتين . فى مثل هذه الحالة ، يكون لأحد المادتين أو النقطتين (القطبين) إلكترونات أكثر من المادة أو النقطة الأخرى . يعرف القطب الذى له إلكترونات أكثر نسبيا بالقطبية السالبة، والآخر بالقطبية الموجبة. إذا وصل القطبين بمسار توصيلى مثل السلك ، فإن

الإلكترونات تتجه من القطب السالب إلى القطب الموجب . هذا التدفق في الشحنة المحمولة يشكل التيار الكهربى.

38- Atom

An atom is a particle of matter that uniquely defines a chemical element. An atom consists of a central nucleus that is usually surrounded by one or more electrons. Each electron is negatively charged. The nucleus is positively charged, and contains one or more relatively heavy particles known as protons and neutrons.

38- الذرة

الذرة جزئ من المادة والتى تعرف استثنائيا بأنها مادة كيميائية . تتكون الذرة من نواه مركزية والتى عادة تحاط بالكترون واحد .أو أكثر . كل الكترون يكون مشحون سلبيا . تكون النواه مشحونة ايجابيا ، وتحتوى على جزئية ثقيلة نسبيا أو أكثر من جزئية وتعرف بالبروتونات و النيترونات.

39- Proton and Neutron

A proton is positively charged. The number of protons in the nucleus of an atom is the atomic number for the chemical element. A proton has a rest mass, denoted mp, of approximately 1.673×10^{-27}kg. A neutron is electrically neutral and has a rest of mass, denoted mn, of approximately 1.675×10^{-27}kg. The mass of proton or neutron increases when the particle attains extreme speed.

39- البروتون والنيترون

البرتون هو شحنة موجبة . يكون عدد البروتونات في نواه الذرة هو العدد الذرى للعنصر الكيميائي . للبروتون كتلة سكون ،و الذى يرمز له بالرمزmp و يكون حوالى $1.673*10^{-27}$ كجم .أما النيترون فهو متعادل كهربيا و له كتلة سكون ،والتي يرمز له

بالرمز mn ،و يكون حوالى 1.675×10^{-27} كجم تزيد كتلة البروتون أو النيترون عندما تكون سرعة الجزئ شديدة.

40-Electron

An electron is a negatively charged subatomic particle. It can be either free (not attached to any atom), or bound to the nucleus of an atom . Electrons in atoms exist in spherical shells of various radii, representing energy levels. The larger the spherical shell, the higher the energy contained in the electron.

40- الالكترون

الالكترون هو جزئ ذرة فرعية مشحون سلبيا . والذى يمكن أن يكون إما حر (لاينجذب إلى أى ذرة) ، أو يتجه إلى نواه الذرة . توجد الكترونيات الذرات فى أغلفة كروية من أنصاف الأقطار المختلفة ، تمثل مستويات الطاقة . لمحتوى الالكترون فإن الغلاف الكروى الاكبر يكون للطاقة الأعلى.

41-Frequency

For an oscillating or varying current, frequency is the number of complete cycles per second in alternating current direction. The standard unit of frequency is the hertz, abbreviated Hz. If current completes one cycle per second, then the frequency is 1Hz, 50 cycles per second equals 50 Hz.

41- التردد

للتيار المتغير أو المتذبذب ، يعرف التردد بأنه عدد الدورات الكاملة لكل ثانية فى اتجاه التيار المتردد . وتكون الوحدة القياسية هى الهرتز ، ويرمز لها بـ Hz ، إذا اكتمل التيار فى دورة واحدة لكل ثانية ،عندئذ يكون التردد 1 Hz بينما 50 دورة كل ثانية تساوى 50 Hz

---

42- Frequency (f)

The rate at which a wave completes one full cycle. The rate per second is expressed in Hertz (Hz). On the spectrum, energy is organized by frequency, with direct current (DC) having the lowest frequency (0) and gamma rays having the highest. Power frequency is 60 Hz in the United States but 50 Hz in most other industrialized nations.

42- التردد

هو المعدل الذى عنده تكتمل دورة كاملة واحدة . ويطلق على المعدل لكل ثانية "هرتز" . بالنسبة للطيف ، حيث تنظم الطاقة بواسطة التردد ، يكون للتيار المستمر أقل تردد (الصفر) ، بينما يكون لأشعة جاما أعلى تردد . يكون تردد القدرة بالولايات المتحدة الامريكية 60 هرتز بينما فى باقى الدول الصناعية 50 هرتز .

43- Hertz (Hz)

A unit used to measure the rate at which charge changes polarity of an AC electric current. One Hertz is one cycle per second. A 60 Hz system has sixty cycles per second.

43- هرتز

هى الوحدة المستخدمة لقياس المعدل الذى عنده تتغير قطبية الشحنة للتيار الكهربى المتردد. واحد هرتز يساوى دورة واحدة لكل ثانية . لنظام تردده 60 هرتز يعنى 60 دورة لكل ثانية .

44- Harmonics

Integer multiples of a fundamental frequency. In the U.S. the fundamental power frequency is 60 Hz so the "third harmonic" would be 3 x 60, or 180 Hz. These harmonic frequencies appear as "noise" or "distortion" superimposed on the fundamental wave, thereby producing a distorted waveform.

44- التوافقيات

هى مضاعفات صحيحة للتردد الأساسى . فى الولايات المتحدة الأمريكية، فإن الأساس يكون 60 هرتز و لذا تكون التوافقية الثالثة 60*3 أو 180 هرتز.تظهر ترددات التوافقيات فى صورة تشويش أو تشوه مركب على الموجه الأساسية وبالتالى تنتج موجه مشوهه.

45- Microwaves (MW)

Electromagnetic radiation with a frequency at the high end of radio-frequency radiation. A form of non-ionizing radiation. Radar is a form of microwave radiation. Microwave ovens operate at 2,400,000,000 Hz (2.4 GHz).

45- ميكروووف

هو اشعاع كهرومغناطيسي بتردد عند أعلى نهاية لاشعاع تردد الراديو. وهو أحد أشكال الاشعاع غير المؤين . يعتبر الرادار أحد صور اشعاع الميكروووف.

تعمل أفران الميكروووف عند تردد 2.4 جيجا هرتز.

46- Radio frequency

Electromagnetic energy in the approximate frequency range of 3,000 Hz (3 kHz) to 1 billion Hz (1 GHz).

46- تردد الراديو

الطاقة الكهرومغناطيسية عند مدى تردد بين 3 كيلو هرتز إلى 1 بليون هرتز (1 جيجا هرتز).

47- Very low frequency

Electromagnetic energy in the approximate frequency range of 3,000 hertz (3 kHz) to 30,000 hertz (30 kHz).

47- التردد المنخفض جدا

الطاقة الكهرومغناطيسية فى حدود التردد 3000 هرتز إلى 30000 هرتز .

48- ELF

Extra, or Extremely low frequency field at the end of the electromagnetic spectrum, from 30 to 300 Hz. The 60-Hz power frequency is in this ELF range.

48- مجال التردد منخفض العلو

هو المجال عند نهاية الطيف الكهرومغناطيسى ،من 30 إلى 300 هرتز . يقع تردد القدرة 50 أو 60 هرتز فى مدى مجال التردد منخفض العلو .

49- wave

A regular, periodic disturbance in space. In electricity and for EMF and electromagnetic radiation, the disturbances (the electric and magnetic fields) are at right angles to the direction the wave is traveling. The main characteristics of a wave are the speed it is traveling, its frequency, its wavelength, and its amplitude. The wavelength is equal to the speed of propagation divided by the frequency.

49 – الموجه

اضطراب دورى فى الفراغ . فى الكهربائية، للاشعاع الكهرومغناطيسي ، تحدث الإضطرابات (المجالات الكهربائية والمغناطيسية) على زوايا قائمة لإتجاه إنتقال الموجة.
تكون الخصائص الرئيسية للموجه : سرعة التنقل ، التردد ، طول الموجه ، والقيمة .
طول الموجه تساوى سرعة الانتشار مقسومة على التردد.

50-Wavelength

The distance between comparable points of two successive waves. As a wave's frequency increases, its wavelength decreases, and vice versa. At 60Hz the wavelength is about 3,100 miles. At radio frequency ranges the wavelength is closer to thirty or forty feet, and at microwave ranges it is approximately one inch.

50-طول الموجة

هو المسافة بين نقطتين قابلتين للمقارنة لموجتين متعاقبتين.عندما يزداد تردد الموجة،يقل طول الموجة و العكس بالعكس. لتردد 60 هرتز فإن طول الموجة يكون 3100 ميل . لمدى تردد الراديو فإن طول الموجة يقترب من 30 أو 40 قدم بينما يكون طول الموجة لمدى الميكروويف حوالى واحد بوصة.

51- Bonding

Connecting together the normally non-current carrying components of an electrical system such as metal conduits , appliance frames , building reinforcing steel, etc... The purpose of bonding is to allow all non- current- carrying components of an electrical system to be connected ground to reduce hazard of electrical shock.

51- ترابط

ربط مكونات النظم الكهربائية ، التى لا تحمل التيار ، معا : مثل المواسير المعدنية ، هياكل الأجهزة ، صلب تسليح المبانى ... يكون الغرض من هذا الربط هو السماح لجميع المكونات الكهربائية التى لا تحمل تيار أن تكون عند نفس الجهد الكهربى وتوصل إلى الأرض لتخفيض مخاطر الصعق الكهربى.

52- BURD

"Buried Underground Residential Distribution," system of equipment (transformers/ switches) located entirely below ground.

52- التوزيع السكنى المدفون تحت الأرض

هو نظام المعدات (المحولات / المفاتيح) الموضوع بالكامل تحت الأرض .

53- Bus, Busbar

Large conductors in panelboards or switchboards made of copper or aluminum, usually rectangular in cross section. Busbars allow connection of the large feeder wires supplying the switchboard to make the transition to smaller wires through switches or circuit breakers, which are in turn connected to the electrical circuits supplied by the panelboard.

53- القضبان

هى موصلات كبيرة بلوحات مفاتيح ، مصنوعة من النحاس أو الالومنيوم ، وعادة يكون مقطعها على شكل مستطيل . تسمح القضبان بتوصيل المغذيات ذات الأسلاك الكبيرة والتى تستخدم لتغذية لوحة المفاتيح وتنقل بدورها إلى أسلاك أصغر من خلال مفاتيح أو قواطع تيار ، والتى توصل إلى الدوائر الكهربائية المغذاه من لوحة المفاتيح.

54- Conductor

A material, which passes electric current. Good conductors are generally made of metal, although other substances such as the earth or the human body can be relatively good conductors.

54- الموصل

هو المادة التى تمرر التيار الكهربى . عموما تصنع الموصلات الجيدة من المعدن ، كذلك يمكن اعتبار مواد أخرى مثل الأرض وجسم الإنسان موصلات جيدة نسبيا .

55- Conduits
Pathways intended for enclosing electrical wiring. Conduits may be made of steel, aluminum, PVC or other materials. Conduits are permitted to act as grounding conductors for electrical circuits as provided by codes.

55- المجارى

هى ممرات تعد لإحتواء الأسلاك الكهربائية . تصنع هذه المجارى من الصلب أو الألومنيوم أو مادة عازلة . تسمح المجارى بأن تكون كموصلات أرضى للدوائر الكهربائية طبقا للأكواد.

56-Distribution Line
Power lines carrying power to neighborhoods (primary distribution) and to one or several buildings (secondary distribution). These typically carry less than 35 kV.

56- خط التوزيع

هى خطوط القدرة الحاملة قدرة إلى المجاورات (التوزيع الإبتدائى) وإلى مبنى أو مبـــــانى متعددة (التوزيع الثانوى) . نموذجيا هذه الخطوط تحمل جهد أقل من 35 kV

57- Ground
Can be used as a verb or noun. As a verb it means to connect in some way to either earth or to a conductor, which serves in place of the earth. Sometimes used when the more accurate term would be "bond." Paradoxically, it is not the earth connection that protects a circuit from a "ground fault," but a solid connection back to the transformer neutral.

57- الأرض

يستخدم كاسم أو فعل . عند استخدامه فعل فإن هذا يعنى التوصيل ببعض الطرق لأرضى آخر أو إلى موصل والذى يعمل فى مكان على الأرضى . أحيانا يستخدم بمعنى أكثر دقة وهو الربط . هذا لايكون التوصيل بالأرضى الذى يحمى الدائرة من " أعطال الأرضى " ، ولكن يتم التوصيل المباشر مرة ثانية إلى نقطة تعادل المحول.

58- Impedance (Z)

The property of an electrical circuit, which tends to impede the flow of electrical current. In alternating current circuits, impedance is the vector sum of reactance and resistance. Reactance may be either capacitive or inductive. In practical electrical circuits, impedance is usually the result of conductor resistance and circuit inductance.

58- المعاوقة

هى خاصية الدائرة الكهربائية والتى تشير إلى عرقلة سريان التيار الكهربى . فى دوائر التيار المتردد ، تكون المعاوقة هى المجموع الاتجاهى للممانعة والمقاومة . يمكن أن تكون الممانعة إما سعوية أو محاثة . فى الدوائر الكهربائية العملية ، عادة تكون المعاوقة هى مجموع مقاومة الموصل وممانعة الدائرة .

59- Insulation

A material, which is a poor conductor of electric current.

59- العازل

المادة التى تتصف بأنها موصل ضعيف للتيار الكهربى.

60- Multiplex

A combination of conductors consisting of two (duplex) , three (triplex), or four (quadraplex) individual conductors twisted around each other. These are generally used as services or secondary wiring.

60- متعدد الموصلات

توليفة من الموصلات تتكون من موصلين أو ثلاثة أو أربعة منفصلين ملفوفين حول بعضهم .

عموما تستخدم هذه التوليفة كأسلاك ثانوية أو للخدمة.

61- Neutral

Current or conductor that completes the electrical circuit and carries current back to the source. Neutrals are at ground potential and not considered a "phase" of the circuit. Earth may act as a neutral path back to the source.

61- التعادل

تيار التعادل أو موصل التعادل هو الذى يكمل الدائرة الكهربائية ويحمل التيار الراجع إلى المصدر . يطلق لفظ التعادل على جهد الأرض ولا يمكن اعتباره أحد " أطوار " الدائرة .

يمكن أن تعمل الأرض كمسار تعادل يعود إلى المصدر.

62- Shielding

A substance or device that attenuates electric or magnetic fields

62- التسليح

هو مادة أو جهاز يضعف المجالات الكهربائية أو المغناطيسية .

الباب الثالث

مصادر المجالات المغناطيسية

Sources of the Magnetic Fields

تنتج المجالات المغناطيسية من حركة الشحنات الكهربائية . تنقسم مصادر المجالات المغناطيسية إلى قسمين تبعا للآتى :

- مجالات مغناطيسية ناتجة من التيارات الكهربائية (تحرك الشحنات تبعا للمعادلة i=dq/dt) المارة فى المواد الموصلة
- مجالات ناتجة من المواد المغناطيسية . فى هذه الحالة ، فإن حركة الإلكترون [مدارى (orbital) أو حلزونى (spin)] يمكن أن تؤدى إلى عزم مغناطيسى كامل (magnetic moment) والنتيجة تمغنط المواد .

كانت البوصلة أول استخدام عملى للمغناطيسيات للمساعدة فى تحديد ومعرفة الاتجاهات . ويعتمد هذا على حقيقة أن للأرض مجالا مغناطيسيا ، وأن الأرض تعمل كقضيب مغناطيسى ضخم . ويمكن أن نتخيل الأرض فى دورانها حول محور تخيلى أو وهمى ، فأحد طرفيها هو القطب الشمالى والآخر هو القطب الجنوبى وهذان هما القضبان الجغرافيان للأرض . والأرض تعمل كقضيب مغناطيسى كبير على طول هذا المحور . ولأن أى مغناطيس معلق فى مجال هذا المغناطيس الكبير سوف يتجه فى اتجاه خطوط مجاله . فإن إبره البوصلة ، وهى مغناطيس صغير ، ستتخذ باستمرار اتجاها شماليا جنوبيا . ويسمى طرف البوصلة الذى يتجه نحو الشمال بقطبها الشمالى والآخر هو قطبها الجنوبى .

وفى الحقيقة لاتشير البوصلة إلى القطب الشمالى الصحيح ، فهى تتجه نحو القطب الشمالى المغناطيسى وهذا يبعد بضع مئات من الأميال عن القطب الشمالى الصحيح (جغرافيا) .

أجرى الدانماركى هانز أورستد (Hans Oersted) (1777 - 1851) تجربة هامة اكتشف بها تأثر المغناطيس بتيار كهربائى يمر فى سلك بالقرب من المغناطيس . حيث قرب سلك يمر به تيار فوق البوصلة وبموازاه إبرتها ، فلاحظ أن إبرة البوصلة غيرت اتجاهها بسرعة . وعند فصل التيار تعود الإبرة إلى وضعها السابق . وعند وضع السلك أسفل البوصلة تلاحظ أن إبرة البوصلة تحركت فى الإتجاه المعاكس . كما هو واضح فى شكل (1-3) . وبذلك توقع هانز أورستيد فى عام 1820 وجود علاقة بين الكهرباء والمغناطيسية وهذا قاده إلى اكتشاف التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى .

بعدما بين هانز أورستيد قدرة التيار الكهربى على توليد مجال مغناطيسى ، اكتشف العالم البريطانى مايكل فارادى (Michael Faraday) (1791-1867) فى عام 1831 الحث المغناطيسى طبقا للمعادلة التالية

$\varepsilon = - d\varphi/dt$

أى يمكن الحصول على القوة الدافعة الكهربائية ε فى الملف عن طريق تغير الفيض المغناطيسى $d\varphi/dt$ حيث

ε = induced emf

= القوة الدافعة الكهربائية المستحثة

$d\varphi/dt$ = rate of change of magnetic flux φ

= معدل التغير فى الفيض المغناطيسى

استخدم الجلفانومتر (galvanometer) لقياس وبيان التيارات الكهربائية الصغيرة بواسطة تأثيراتها ، كذلك يبين اتجاه التيار ، وهو أول جهاز استخدم لهذا الغرض . ويتكون الجلفانومتر ببساطة من ملف عمودى مسطح كثير اللفات وبداخله بوصلة ، فعند مرور تيار فى الملف يتولد مجال مغناطيسى يؤثر فى اتجاه إبرة البوصلة .

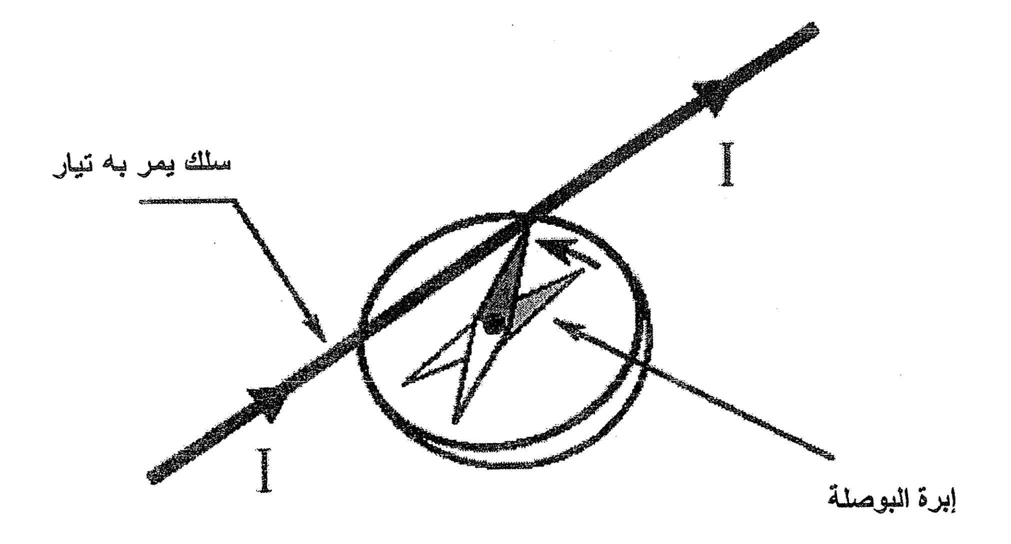
يوضح شكل (2-3) أنه عند مرور تيار بالملف " 1 " يتأثر الملف " 2 " بالحث المغناطيسى مسببا تحرك مؤشر الجلفانومتر . ولقد لاحظ فارادای أن وضع قضيب مغناطيسى من ملف متصل بالجلفانومتر لايحدث تأثيرا فى مؤشر الجلفانومتر ، يعنى أن ذلك لايولد فيه أى تيار . ولكن عند دفع أو تحرك المغناطيس داخل الملف ، كما فى شكل (3-3) أ عندئذ يتحرك مؤشر الجلفانومتر قليلا ثم يستعيد المؤشر وضعه الأصلى،

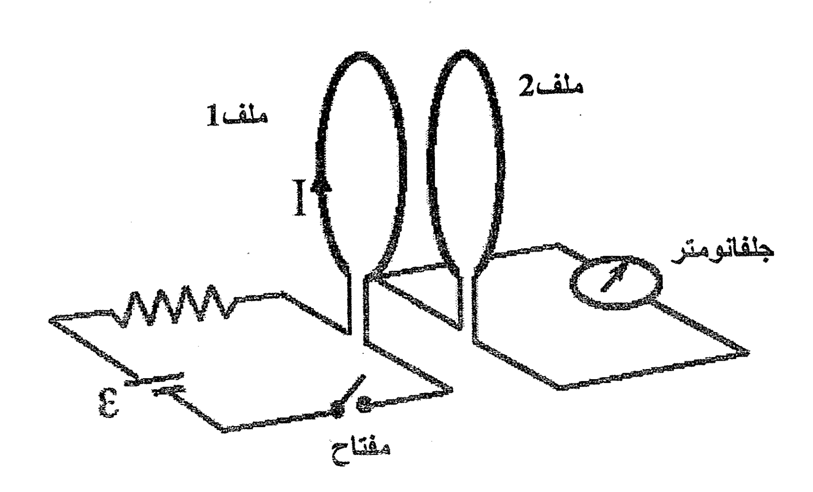
وكذلك عند سحب المغناطيس من الملف يتحرك المؤشر فى الاتجاه المعاكس كما فى شكل (3-3) ب وبذلك تحقق فاراداى من أن تيار كهربائيا يتولد فى الملف أثناء تحرك المغناطيس ، وأن اتجاه التيار يعتمد على اتجاه حركة المغناطيس وقد سميت هذه الظاهرة بالحث المغناطيسى ، لأن المغناطيس المتحرك يستحث فى الملف تيارا كهربائيا

ومن أمثلة المعدات الكهربائية التى تعمل بالحث : المحول الكهربائى – والمولد – والمحرك .

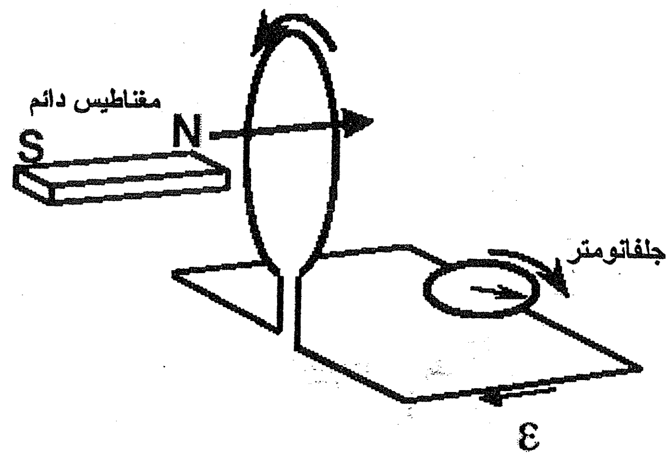
كذلك قام العالم الرياضى الفرنسى اندريه مارى أمبير (1775– 1836) بعدة تجارب على الظواهر الكهرومغناطيسية بعد أن سمع باكتشاف أورستيد لتأثير التيار الكهربى فى سلك على إبرة مغناطيسية حوله . وبين أمبير هذا التأثير بين سلكين يحملان تيارين بفعل المجالين المغناطيسيين حولهما ، وقد سميت وحدة شدة التيار " أمبير " باسمه .

وقد قدم العالم الاسكتلندى جيمس كلارك ماكسويل (1831–1879) نظرية رياضية فى المجالات الكهرومغناطيسية وبين أن الضوء هو أمواج كهرومغناطيسية . ولقد ساعد عالم الرياضيات الألمانى كارل فريدريك جاوس (1777–1855) بحساباته ومعادلاته عن المجالات المغناطيسية فى تصميم المولدات الحديثة وسميت وحدة الحث المغناطيسى ، الجاوس ، باسمه .

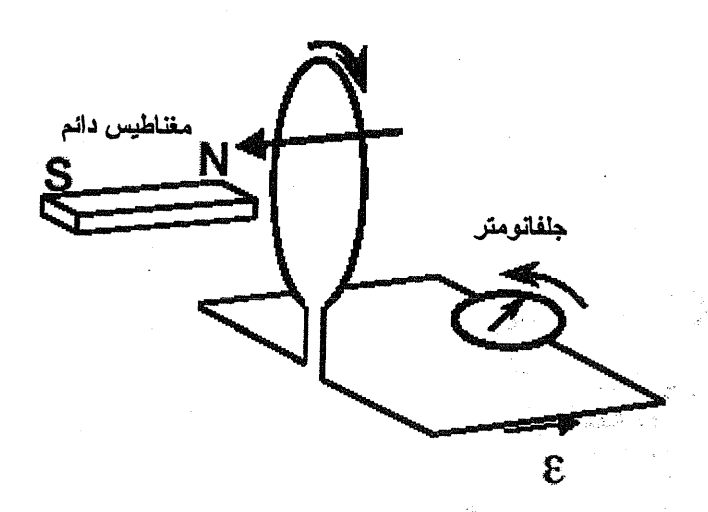




شكل (2-3) الحث المغناطيسى



(أ) تحرك مغناطيسى دائم داخل الملف



(ب) تحرك مغناطيسى دائم خارج من الملف

شكل (3-3) تحرك مغناطيسى دائم بملف

الجهود والتيارات المستحثة (Induced Voltage Currents) :

عند نفاذ المجال المغناطيسى المنبعث (H) خلال مساحة مقطع فى وسط : مفرغ (vacuum) أو مطلق (Free space) أو مادة ، فإنه يتحول إلى كثافة فيض مغناطيسى (B) تبعا للمعادلة التالية :

$$B = \mu H \qquad (1)$$

حيث

B=magnetic flux density (in tesla (MKS units)or in gauss(CGS units))

= كثافة الفيض المغناطيسى (بوحدة تسلا أو جاوس)

H=magnetic field

= مجال مغناطيسى

μ=permeability of the medium

=انفاذية[1] الوسط

μ_o=permeability of vacuum or free space (air)

=$4*10^{-7}$ H/m in MKS units

=1 Gauss/orested in CGS units

= أنفاذية الفراغ أو الوسط المطلق (الهواء)

يحدث تأثير الكهرومغناطيسية عند تغيير المجالات المغناطيسية بتردد 50 أو 60 هرتز المرتبطة بأغراض متصلة بالحياه أو عدم الحياه (الأسلاك ، العوائق المعدنية ، المواسير ...) والتى تحدث جهود وتيارات دائرية . مبدئيا تمر التيارات المجمعة بالتأثير المغناطيسى فى أنسجة الإنسان فى صورة دوائر (والتى تعرف بالتيارات الدوامية [2] (eddy currents)) والمتعامدة على المجال ، وعلى ذلك يكون التيار عند المركز مساويا للصفر.

---

(1) الانفاذية : مقياس لمقدار تقبل وسط ما لمرور خطوط القوى المغناطيسية خلالها . تساوى النسبة بين كثافة الفيض المغناطيسى المتولد فى الوسط وبين المجال المغناطيسى المتولد له.

(2) التيارات الدوامية : تيار كهربى يتولد بالحث فى كتلة معدنية أو دائرة مقفلة موضوعة فى مجال مغناطيسى متغير ، أو تتحرك داخل مجال مغناطيسى غير منتظم .

عادة تحدث المجالات المغناطيسية الناتجة من خطوط النقل جهود عند النهاية المفتوحة للخط ، خاصة للأجزاء المؤرضة والموصلات المتوازنة (عند الأسوار ، الأسلاك ، والمواسير المعرضة ...) وعلى ذلك ، يمكن حدوث مشاكل شديدة نتيجة الصدمات المهلكة أو المميتة الحادثة من التأثيرات الكهرومغناطيسية .

للأسف ، يتولد من التأثيرات الكهرومغناطيسية تيارات دائرية بأنسجة الأشخاص القريبين من المحولات وخطوط النقل والمغذيات الثانوية وملحقات الشبكات وشبكات التوزيع ولوحات التوزيع الكهربائية . يتم حساب كثافة التيار فى أنسجة الأشخاص نتيجة التأثيرات الكهرومغناطيسية ، بفرض أن موصولية الثديات بالأنسجة (conductivity of mammalian tissue) تكون منتظمة وأن الموصولية تساوى:

الموصولية= Conductivity=0.1S/m (سيمنز[1]/متر)

وبفرض أن جسم الإنسان على شكل كره توصيلية ، فإن معادلة الجهد التأثيرى ، بوحدة فولت / متر ، عند نصف قطر بالمتر يمثل خصر 0.145 متر (36 بوصة) – تكون :

$$E_i = (1\times10^{-7})(\pi)(r_{meter})(f_{Hz})(B_{mG})$$

حيث

E_i=induced voltage in volts/meter (V/m)

الجهد الحادث المستحث بوحدة فولت /متر =

r=radius in meter

نصف القطر بوحدة المتر=

B=magnetic flux density in mG

كثافة الفيض المغناطيسى بوحدة مللى جاوس=

وتكون معادلة كثافة التيار لأنسجة جسم الشخص حول الخصر كالآتى :

J body = (conductivity) (E_i)

---

(1) سيمنز : وحدة لقياس قابلية التوصيل الكهربى لموصل . تساوى مقلوب الاوم ، يطلق عليها عادة اسم "موه" (Moh) .

حيث

J body = current density in micro amps/meter^2($\mu A/m^2$)

= كثافة التيار بوحدة ميكروأمبير/متر مربع

Conductivity=[1] الموصولية

E_i= induced voltage in volts/meter (V/m)

=الجهد الحادث بوحدة فولت /متر

يوضح جدول (1)حسابات الجهد الحادثة الكهرومغناطيسية و كثافة التيار حول الخصر المتعرض لمستويات مختلفة من كثافة الفيض المغناطيسي.

جدول (1) حساب كثافة التيار

كثافة الفيض المغناطيسى B (Magnetic flux density) (m G)	E_i الجهد المستحث (Induced voltage) (V/m)	كثافة التيار المستحث J body (induced current density) $\mu A/m^2$	E field electro-static induction جهد المجال الكهروستاتيكى الحادث (kV/m)
5000	13.667×10^{-3}	1366.7	82.6
1000	2.733×10^{-3}	273.3	16.5
500	1.367×10^{-3}	136.7	8.2
100	0.273×10^{-3}	27.3	1.7
50	0.137×10^{-3}	13.7	0.8
10	0.027×10^{-3}	2.7	0.2
3	0.008×10^{-3}	0.8	0.05

(1) الموصولية : خاصية نوعية لمادة ما تحدد قابليتها لتوصيل التيارالكهربى (ملف المقاومة الحجمية) وتساوى موصولية المادة لوحدة الطول ووحدة مساحة المقطع .

من أنواع مصادر المجال المغناطيسى :

1 – موصل أحادى (single conductor)

الموصل الأحادى عبارة عن سلك مستقيم طولى (long straight wire) يحمل تيارI.
يمثل شكل (3-4) تمثيل للمجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار I بالسلك . وطبقا لقاعدة اليد اليمنى ، فإن الإبهام يمثل اتجاه التيار فى السلك ، بينما يمثل دوران الأصابع اتجاه المجال المغناطيسى الحادث كما فى شكل (3-5) . وتوضح المعادلة التالية ، حساب كثافة المجال المغناطيسى فى موصل أحادى :

$$B = \mu H$$

$$H = \frac{I}{area} = \frac{I}{2\pi r}$$

$$B = \frac{\mu o I}{2\pi r} \qquad (2)$$

حيث

μ_o = permeability of free space

$= 4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A

= انفاذية الفراغ المطلق

بالتعويض عن قيمة μ_o بالمعادلة (2) تحصل على :

$$B = \frac{2I}{r} \text{..................mG..} \qquad ..(3)$$

حيث

B بوحدة mG

I بوحدة Amp

r بوحدة meter

تستخدم هذه المعادله أيضا فى حاله أسلاك الأرضى وأنابيب المياه (Plumbing) وأسلاك التيارات الصافية (net currents) بالإضافه إلى مصادر تغذية الطريق الطوالى والسكك الحديد مع الكابلات الهوائية المكهربه.تنبعث المجالات المغناطيسية من

الموصل الأحادى فى صوره دائريه من المركز ومن المستحيل أن تنبعث من التسليح المغناطيسى (magnetically shield) (مع استخدام أنابيب conduitأو حاجز enclosure) المستخدم من أى مادة لها نفاذية عالية أو مواد عالية التوصلية مثل الألومنيوم أو النحاس (له خاصيه التيارات الدوامية [1] eddy current) وتمتاز تكنولوجيات حذف المجال المغناطيسى الفعالة وغير الفعالة فى أنها تعالج المجالات المغناطيسة المنبعثه من الموصلات الأحادية والتيارات الماره فى أنابيب المياه والأرضى والشبكة .

2 – موصل مزدوج (Dual conductor)

الموصل المزدوج عبارة عن زوجين سلك مفرد بينهما مسافة d متر ويكون التيار المار بأحدهما بعكس التيار المار بالآخر ، كما فى شكل (3-6) ، من أمثلة الموصل المزدوج : السلك المجدول ، وتكون معادلة حساب كثافة المجال المغناطيسى على بعد r متر من الموصل كالآتى :

$$B = \frac{\mu_0 I d}{2\pi r^2}$$

$$= \frac{2Id}{r^2} \quad mG \qquad (4)$$

B = magnetic flux density in mG

= كثافة الفيض المغناطيسى بوحدة مللى جاوس

d = distance between the conductors in meter

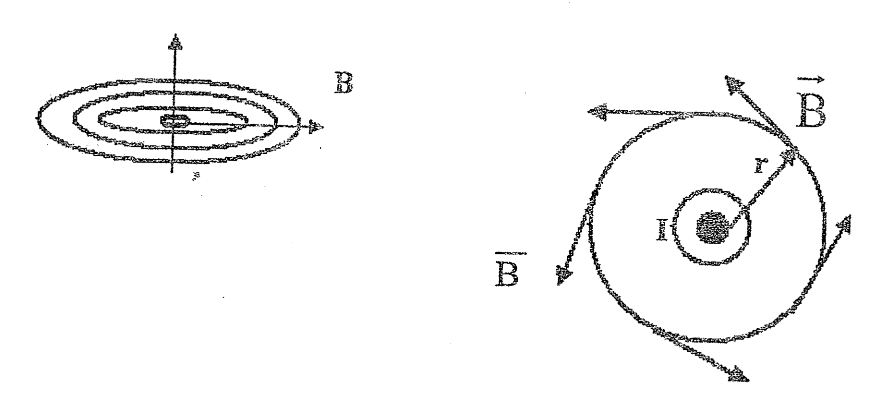
= المسافة بين الموصل المزدوج بوحدة متر

r = the distance from the pair in meter

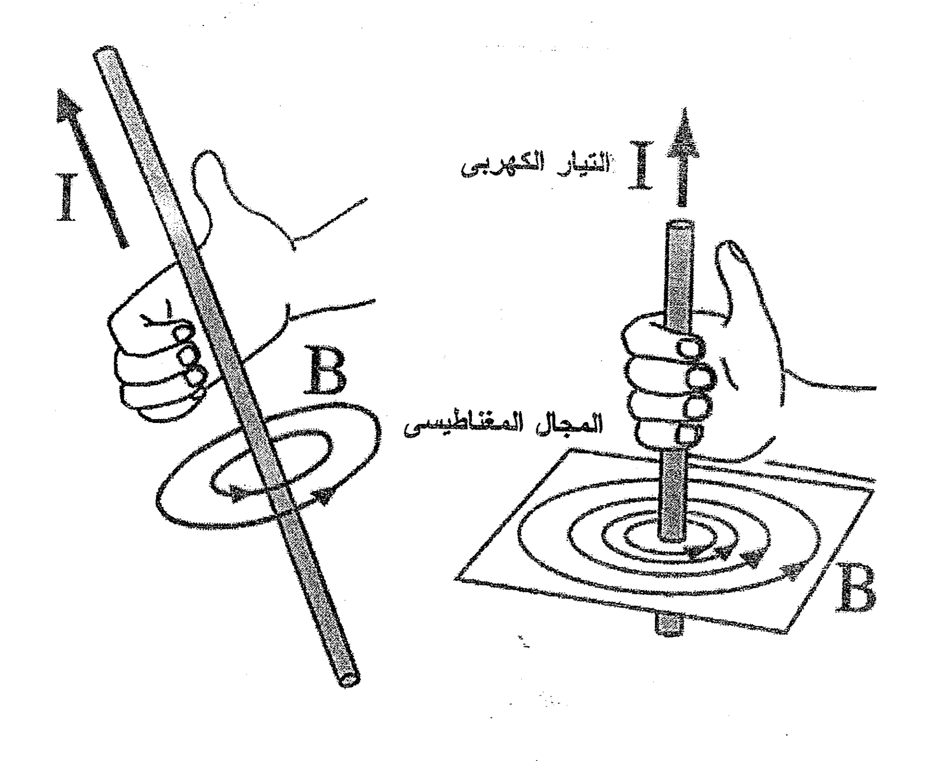
= المسافة من الموصل المزدوج بوحدة متر

---

(1) التيارات الدوامية : هى تيارات كهربائية تتولد بالحث فى كتلة معدنية أو دائرة مقفلة موضوعة فى مجال مغناطيسى متغير ، أو تتحرك داخل مجال مغناطيسى غير منتظم



شكل (3-4) المجال المغناطيسى الناشئ على بعد r من سلك يحمل تيار I



شكل (3-5) قاعدة اليد اليمنى و تمثيل للتيار و المجال المغناطيسى

مثال :

سلك مزدوج كردون ، المسافة بين الموصلين 0.001 متر يمر به تيــار يــساوى 10 أمبير

احسب كثافة الفيض المغناطيسى على المسافات 1&2&4 بوصة

الحل :

$$I = 10 \ A$$
$$d = 0.001 \ m$$
$$r = 1\&2\&4 \ in$$
$$= 0.025 \ \& \ 0.05 \ \& \ 0.1 \ m$$
$$B = \frac{2\,Id}{r^2}$$
$$= 32 \ mG \ \& \ 8mG \ \& \ 2mG$$

3- مصــــادر المجــــال المغنــاطيــسى ثلاثــى الطــور (Three-phase magnetic field sources)

يتم توليد وتوزيع الطاقة الكهربائية من خلال مكونات ثلاثية الطور مثل خطوط النقل والتوزيع وخطوط تغذية المبانى الحكومية والتجارية والصناعية . يكون المجال المغناطيسى الناتج من ثلاثة دوائر متماثلة ثلاثية الطور تتكون من ثلاثة موصلات مرتبه أفقيا (flat 3-phase configuration) وعلى مسافة متساوية d متر ، كذلك التيار متزن بالثلاثة أطوار ، كما فى شكل (3-7) كالآتى :

$$B = \frac{\sqrt{3}\,\mu_o}{2\pi}\frac{Id}{r^2}$$
$$= \frac{3.4\,Id}{r^2} \qquad (5)$$

وتكون معادلة كثافة المجال المغناطيسى لثلاثة موصلات مرتبة على شكل مثلث (trofil configuration) كما فى شكل (3-8) كالآتى :

$$B = \frac{\sqrt{6}\mu_o}{4\pi} \frac{Id}{r^2}$$

$$= \frac{2.45\, Id}{r^2} \qquad (6)$$

يجب ملاحظة أنه فى جميع الحالات السابقة يجب أن تكون (r) أكبر بكثير من المسافة بين الموصلين (d) .

فى حالة عدم اتزان تيارات الأطوار الثلاثة والتى تسبب تيار فى مسار التعادل لمغذى التغذية أو تيار بمواسير المياه ، عندئذ تصبح معادلة كثافة الفيض المغناطيسى كالآتى:

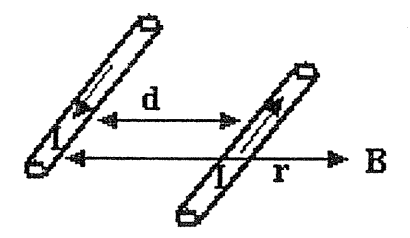
$$B = \frac{2I}{r} \qquad mG$$

حيث I هو التيار المار بمواسير المياه أو بالأرضى أو هو محصلة تيارات الثلاثة أطوار . عموما ، تنتج المجالات المغناطيسية من خطوط النقل ثلاثية الأطوار على شكل استقطاب بيضاوى (elliptically polarized) . هذا يعنى أن المجال المغناطيسى يمكن تمثيله بواسطة متجه دوار (rotating vector) بقطع قطع ناقص (ellipse) لكل دورة لتيارات الموصل .

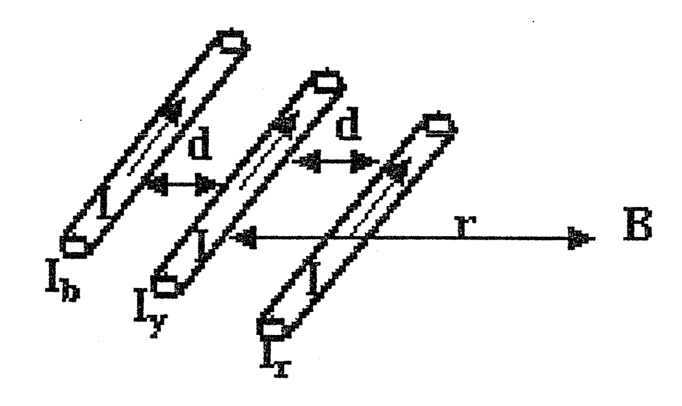
4 – التيار الصافى وتيار الأرضى وتيار مواسير المياه

تنتج تيارات الأرضى (ground currents) من تجميع التيارات الكهربائية الشاردة أو المنحرفة المقاسة بالأمبير والتى تحدث من تأريض مسار التعادل للأرضى بما فيه التيارات المارة بالمواسير ، وبمسار الأرضى ، وقضيب الأرضى ، وتسليح المبانى ، والمواسير المعدنية لأجهزة التكييف والمواسير المعدنية للمياه . عموما تصدر هذه التيارات مجالات مغناطيسية والتى تنبعث من موصلات الأرضى (أى مسار الأرضى ، مواسير المياه ، والمواسير المعدنية لأجهزة التكييف .....) وذلك تبعا للمعادلة التالية:

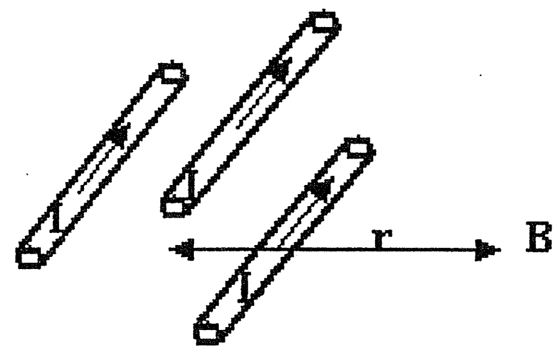
$$B = \frac{2I}{r} \qquad mG$$



شكل (3-6) موصلين متوازيين



شكل (3-7) ثلاثة موصلات مرتبة أفقياً



شكل (3-8) ثلاثة موصلات مرتبة على شكل مثلث

يمكن بسهولة حساب كل من تيارات الأرضى وتيارات مواسير المياه تبعا للمعادلة الآتية :

$$I = \frac{0.15\ B}{r} \qquad \text{Amp}$$

حيث :

B = magnetic flux density at measured distance r feet from the source

= كثافة الفيض المغناطيسى المقاس على بعد r قدم من المصدر

كذلك يمكن قياس التيار الأرضى أو تيار مواسير المياه باستخدام جهاز لقياس التيار على شكل ماسك (**clamp- on - ampere**)

مثال :

بفرض أن تيار مسار التعادل يساوى **500 Amp** احسب كثافة الفيض المغناطيسى على مسافات **1&2&4&5&10&333.3** متر

الحل :

المسافة (r)		كثافة الفيض المغناطيسى (mG)
meter	Feet	
1	3.3	1000
2	6.6	500
4	13.2	250
5	16.5	200
10	33.0	100
333.3	1094	3

5 – المجال المغناطيسى الناتج من حلقة تحمل تيار (Magnetic field of current loop)

يكون اتجاه المجالات المغناطيسية الناتجة من مرور تيار فى سلك على شكل حلقة فى نفس الاتجاه وإلى داخل الحلقة . يخلق التيار الكهربى المار بالحلقة الدائرية مجال مغناطيسى يتركز فى مركز الحلقة أكثر من تركزه خارجها . وهذا يشبه مايحدث فى

الملف الحلزونى . يوضح شكل (3-9) تمثيل لسلك على شكل حلقة ويمر به تيار ويتولد مجال مغناطيسى

أ – المجـــال المغنـــاطيـــسى فـــى مركـــز الحلقـــة المحمـــلة بالتيـــار
(Magnetic field at center of current loop)

تبعا لقانون بيوت سافارت (Biot – Savort law) فإن المجال المغناطيـسى النـاتج من مرور تيار فى عنصر ، كما فى شكل (3-10) ، يكون كالآتى :

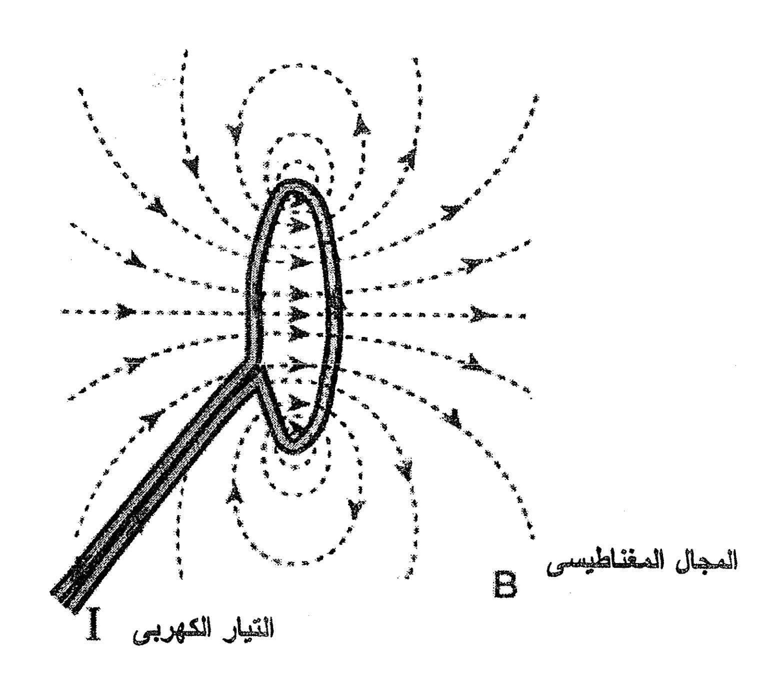
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{L} \times \hat{\vec{r}}}{4\pi R^2} = \frac{\mu_0 I dL \sin\theta}{4\pi R^2} \qquad (7)$$

للتبسيط يفرض أن الزاوية $\theta = 90^0$ وأن لجميع النقط على المـسار وعنـد مـسافة محددة يكون المجال ثابت . بإجراء التكامل على المعادلة (7) نحصل على

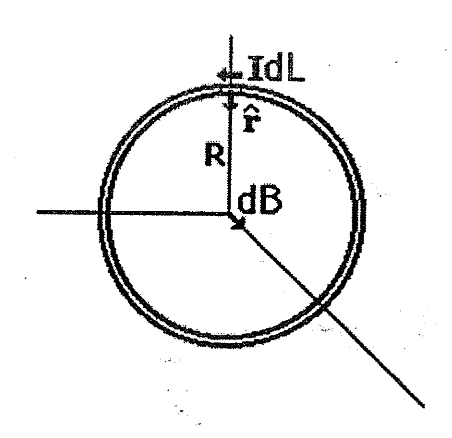
$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \oint dL = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}(2\pi R) = \frac{\mu_0 I}{2R} \qquad (8)$$

حيث :

R=Loop radius in m
= نصف قطر الحلقة بوحدة المتر
B=magnetic field at the center of the loop in T
= المجال المغناطيسى عند مركز الحلقة بوحدة تسلا
I=Current in Amp
= التيار بوحدة أمبير



شكل (9-3) توزيع المجال المغناطيسى الناتج من مرور تيار I فى حلقة سلك



شكل (10-3) المجال المغناطيسى عند مركز الحلقة المار بها التيار

ب – المجـــال المغنـــاطيـــسى على محـــور الحلقة المحملة بالتيـــار
(Magnetic field on axis of current loop)

من شكل (3-11) يتم حساب التغير فى مجال المحور dB_z كالآتى:

$$dB = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{IdL}{r^2}$$

$$r^2 = Z^2 + R^2$$

$$dB_Z = dB \sin\theta$$

$$\sin\theta = \frac{R}{\sqrt{Z^2 + R^2}}$$

$$\therefore dB_Z = \frac{\mu_o IdL}{4\pi} \frac{R}{(Z^2 + R^2)^{3/2}} \qquad (9)$$

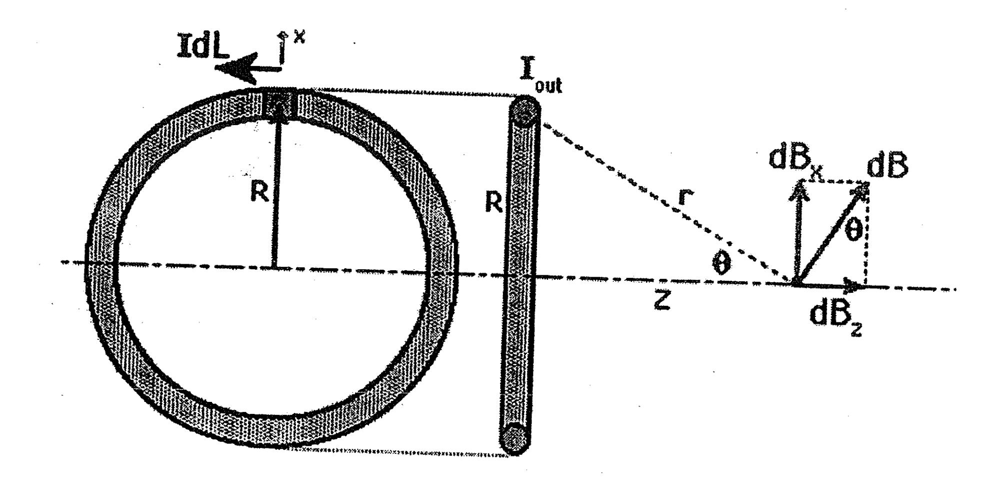
يوضح شكل (3-12) المجال فى الاتجاه Z على طول خط المركز للحلقة ، ويتم الحصول على B_Z من تكامل المعادلة (9) أى أن

$$B_Z = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{2\pi R^2 I}{(Z^2 + R^2)^{3/2}}$$

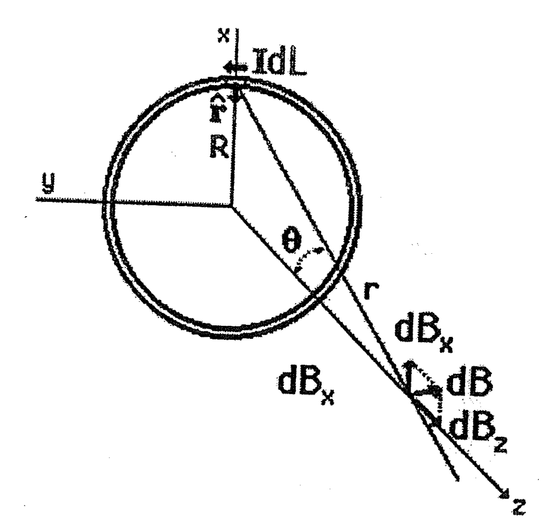
$$= \frac{\mu_o}{2} \frac{R^2 I}{(Z^2 + R^2)^{3/2}} \qquad (10)$$

6 – المجـــال المغنـــاطيـــسى النـــاتج من قضيب مغناطيسى (Magnetic field of bar magnet)

تشكل خطوط المجال المغناطيسى الناتج من القضيب المغناطيسى خطوط مغلقة . ويكون اتجاه المجال خارجا من القطب الشمالى وداخـــلا إلى القطـــب الجنوبى . وتصنع القضبان المغناطيسية من مواد فرومغناطيسيى (Ferromagnetic) . وهذه المواد تكون انفاذيتها أكبر بكثير من انفاذية الفراغ ، والتى يمكن مغنطتها إلى درجة ملحوظة فى مجال مغناطيسى خارجى .



شكل (3-11) تمثيل المجال المغناطيسى لمحور الحلقة



شكل (3-12) المحاور z,y,x و مجال المحور Bz

7 – المجـــال المغنـــاطيـــسى النـــاتـــج من ملـــف
(Magnetic field of Solenoid)

يستخدم الملف الذى على شكل سلك طويل مستقيم للحصول على مجال مغناطيسى منتظم مثل المجال الناتج من القضيب المغناطيسى . ويكون للملف العديد من الاستخدامات العلمية . يمكن الحصول على مجالات مغناطيسية ذات شدة عالية عند إضافة قلب حديدى (iron core) داخل الملف .

يوضح شكل (3-14) تمثيل لملف يمر به تيار I والمجالات المغناطيسية الناتجة .

ويلاحظ أن المجالات المغناطيسية تتركز على صورة قريبة من المجالات المنتظمة ، على طول مركز الملف بينما تكون المجالات خارج الملف ضعيفة ومنفرجة .

ويحسب المجال المغناطيسى (B) على طول مركز الملف نتيجة مرور تيار بالملف تبعا للمعادلة الآتية :

$$B = \mu n I$$

$$n = \frac{N}{L}$$

$$\mu = k\mu_o$$

حيث:

n= the turn density in turns/m

=كثافة اللف بوحدة لفات/متر

N=number of turns

=عدد اللفات

L=Length of solenoid in meter

=طول الملف بوحدة المتر

I= current in the solenoid in amperes

=التيار المار بالملف بوحدة الأمبير

k= relative permeability of the core

=الانفاذية النسبية للقلب

μ_o **=permeability of free space**

=انفاذية الفراغ المطلق

$=4\pi * 10^{-7}$ **T.m/amp**

يطلق على الملف الذى لايحتوى على قلب حديدى بالملف ذى قلب هواء (air core solenoid) ، كما فى شكل (3-14)

وتكون معادلة المجال المغناطيسى كالآتى :

$$B = \mu_o nI$$

وعند إضافة قلب حديدى (iron core) داخل الملف يمكن أن نحصل على مجال مغناطيسى يكافئ مئات المرات المجال الناتج من ملف بدون قلب حديدى .

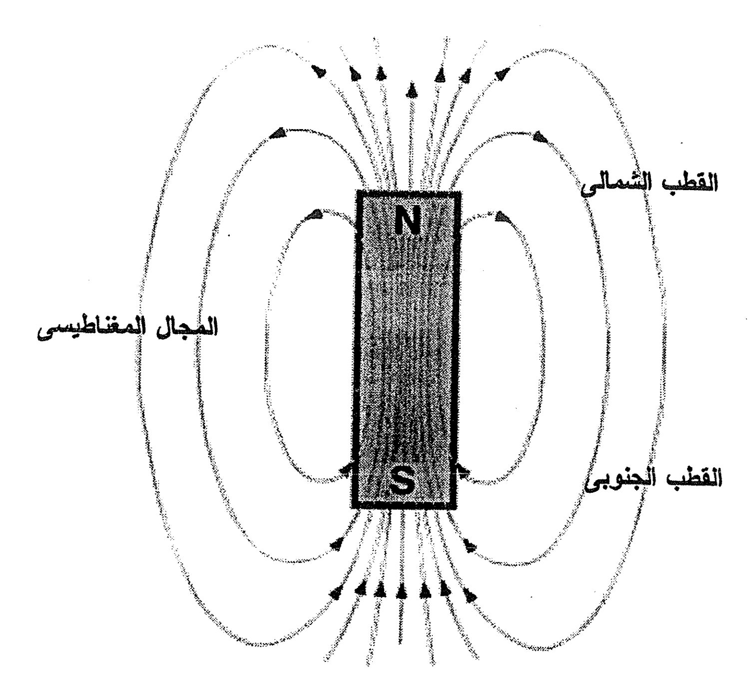
يوضح شكل (3-15) مقارنة بين المجالات المغناطيسية الناتجة بملف يحتوى على قلب حديدى وآخر بدون .

ويبين جدول (3-1) الانفاذية النسبية لبعض المواد عند كثافة فيض مغناطيسى تساوى $0.002\ w/m^2$

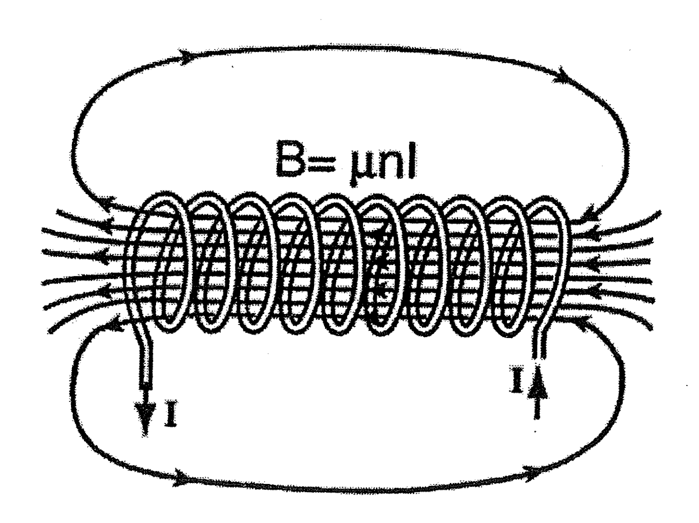
جدول (3-1)

المادة	الانفاذية النسبية
حديد مغناطيسى (magnetic iron)	200
النيكل (Nickel)	100
سبيكة من النيكل و الحديد عالية الانفاذية المغناطيسية (permalloy) (78.5 % نيكل + 21.5 % حديد)	8000
سبيكة من النيكل و الكروم و النحاس و الحديد عالية الانفاذية المغناطيسية (mumetal) (75 % نيكل + 2 % كروم + 5 % نحاس + 18 % حديد)	20000

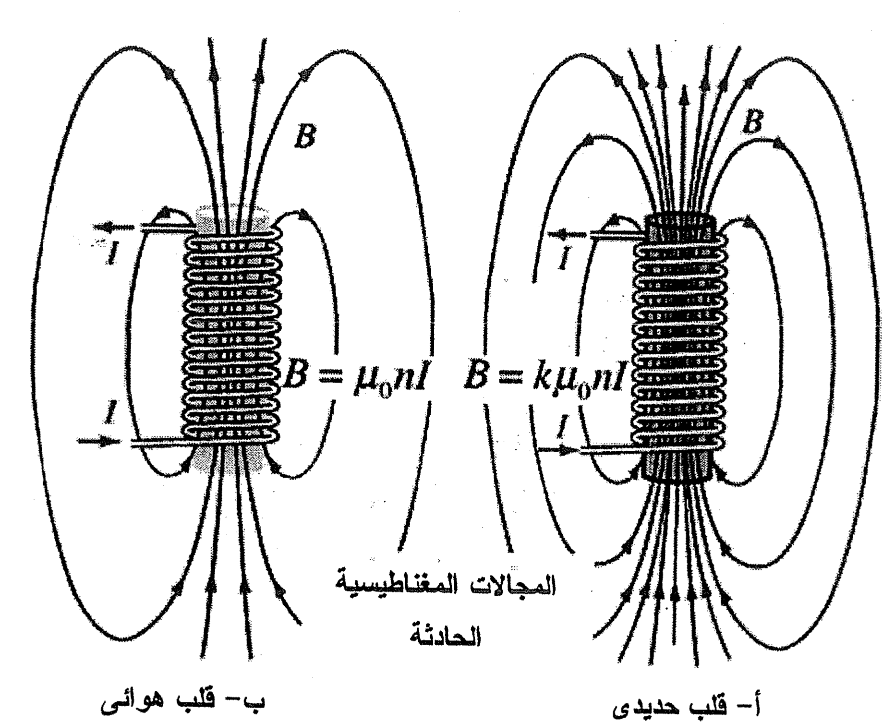
و يلخص جدول(3-2) تأثير طول المسافة من مصدر المجالات المغناطيسية و حتى موضع القياس على شدة المجال المغناطيسى



شكل (13-3) تمثيل المجالات المغناطيسية الناتجة من قضيب مغناطيسى



شكل(14-3) تمثيل المجالات المغناطيسية الناتجة من ملف



شكل (3-15) مقارنة بين المجالات المغناطيسية الناتجة بملف يحتوى على قلب حديدى و آخر بدون

جدول (2-3) تأثير المسافة على شدة المجال المغناطيسى

المصدر	أمثلة للمصدر	التأثير
موصلات أحادية Single conductors	• مواسير المياه • مسار التعادل	تنخفض المجالات المغناطيسية عكسيا مع طول المسافة عن المصدر $\{B\alpha(1/r)\}$
موصلات متعددة Multiple conductors	• قضبان التوزيع • الكابلات • خطوط النقل	تنخفض المجالات المغناطيسية عكسيا مع مربع طول المسافة عن المصدر $\{B\alpha(1/r^2)\}$
ملفات Coils& Loops	• المحولات • المحركات • اللمبات الفلورسنت و ملحقاتها	تنخفض المجالات المغناطيسية عكسيا مع مكعب طول المسافة عن المصدر $\{B\alpha(1/r^3)\}$

حيث r : طول المسافة من مصدر المجالات المغناطيسية و حتى موضع القياس

مثال (1)

قيمة المجال المغناطيسى المقاس على بعد 3cm من سلك مستقيم طولى يساوى

1.3G10^-3T

أحسب التيار المار بالسلك ؟

الحل

$$B = 1.3\times10^{-3}T$$

$$\mu_o = 4\pi\times10^{-7}T.m/A$$

$$r \;= 3cm = 0.03m$$

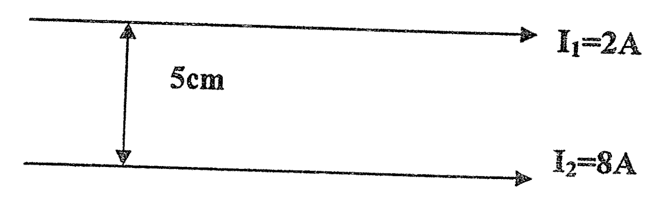
$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$$

$$I = \frac{2\pi r B}{\mu_o}$$

$$= \frac{2\pi(0.03)(1.3\times10^{-3})}{4\pi\times10^{-7}} = 195A$$

مثال (2)

أ- سلكين مستقيمين بينهما مسافة 5cm و يمر بهما تيار فى نفس الاتجاه أين النقاط التى لها مجال مغناطيسى يساوى الصفر



الحل:

بإستخدام قاعدة اليد اليمنى ، و حيث أن إتجاه التيار فى السلكين فى نفس الاتجاه، فإن المجال المغناطيسى الحادث بين السلكين يتلاشى.

لتحديد بعد النقط التى عندها المجال المغناطيسى يساوى صفر، بفرض أن المجـــال يساوى صفر على بعد y أسفل السلك العلوى فإن:

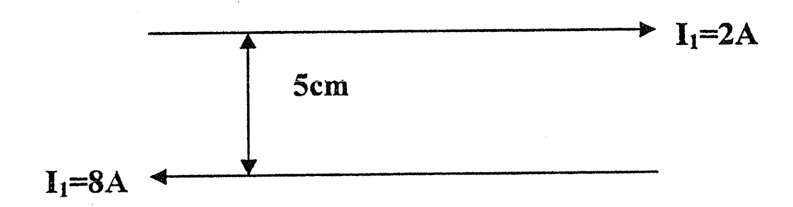
$$\frac{I_1}{y} = \frac{I_2}{(5-y)}$$

$$\frac{2\ \text{amps}}{y} = \frac{8\ \text{amps}}{(5\text{cm}-y)}$$

$$\therefore y = 1\ \text{cm}$$

ب-فى حالة التيارات فى السلكين فى إتجاهين متعاكسين.

أين النقاط التى لها مجال مغناطيسى يساوى الصفر.



الحل:

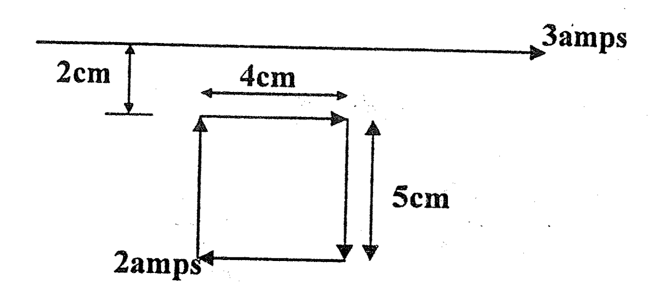
لأن التيار المار بالسلك السفلى أكبر بكثير من التيار المار بالسلك العلوى فإن المنطقة أعلى من السلك العلوى يمكن أن يتلاشى فيها المجال المغناطيسى.بفرض أن المجال يساوى صفر على بعد y أعلى السلك العلوى فإن:

$$\frac{I_1}{y} = \frac{I_2}{(5+y)}$$

$$\frac{2\ \text{amps}}{y} = \frac{8\ \text{amps}}{(5\text{cm}+y)}$$

$$\therefore y = 1.67\ \text{cm}$$

مثال(3)



فى الشكل التالى يمر تيار بسلك طويل ، ما هى القوة الناتجة فى المسار المستطيل.

الحل:

بالنسبة للخطين الرأسيين و نتيجة مرور تيار بهما فى عكس الإتجاه ، فإنه لا يؤثرا فى المطلوب.بأخذ الخط الأفقى العلوى فى الأعتبار فإن المجال المغناطيسى المؤثر فيه يكون:

$r = 2cm \qquad , I = 3amp$

$$\therefore B = \frac{\mu_o I}{2\pi r} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times3}{2\pi\times2\times10^{-2}} = 3\times10^{-5}T$$

و تحسب القوة على الخط الأفقى العلوى من المعادلة الآتية:

$F_1 = ILB \qquad L = 4cm \qquad I = 2amps$

$$= 2\times4\times10^{-2}\times3\times10^{-5}$$

$$= 24\times10^{-7} \quad N$$

و بأخذ الخط الأفقى السفلى فى الأعتبار فإن المجال المغناطيسى المؤثر فيه يكون:

$r = 2+5 = 7\ cm$

$I = 3\ amps$

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi r} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times3}{2\pi\times7\times10^{-2}} = 0.857\times10^{-5}T$$

و تحسب القوة على الخط الأفقى السفلى من المعادلة الآتية:

$$F_2 = ILB \qquad L = 4cm \qquad I = 2\,amps$$
$$= 2 \times 4 \times 10^{-2} \times 0.857 \times 10^{-5}$$
$$= 6.857 \times 10^{-7} \quad N$$

و على ذلك فإن القوة النهائية تكون:

$$F = F_1 - F_2 = 1.7143 \times 10^{-6} N$$

مثال(4)

لملف إسطوانى 200 لفة /سم يمر به تيار 4 أمبير . قطر الملف 0.4 سم و طوله 8 سم.أحسب المجال المغناطيسى داخل الملف؟

الحل:

$$I = 4amps$$
$$\frac{N}{L} = 200 \text{ turns/cm}$$
$$= 200 \times 100 \text{ turns/m}$$
$$B = \frac{\mu_o NI}{L}$$
$$= 4\pi \times 10^{-7}(200 \times 100) \times 4$$
$$= 0.1005 \text{ T}$$

مصادر المجالات المغناطيسية فى المنزل
(Sources of the Magnetic Fields in the home)

من مصادر المجالات المغناطيسية المؤثرة فى المنازل :

1 – خطوط النقل Transmission lines

عادة تثبت خطوط نقل الكهرباء على أعمدة أو أبراج من الصلب أو الخشب . وتستخدم هذه الخطوط لنقل القدرة الكهربائية من محطات إنتاج الكهرباء (generating plants) إلى محطات المحولات الفرعية (substations) أو بين محطات المحولات .
غالبا ماتكون محطات المحولات الفرعية مكونة من :

أ – محولات (transformers)

المحول هو وسيلة كهرومغناطيسية ساكنة لايوجد بها أجزاء متحركة أو دوارة ، يتكون المحول أساسا من ملف ابتدائى وملف ثانوى متشابكين مغناطيسيا (أى لهما مجال مغناطيسى مشترك) عن طريق قلب حديدى ، والذى يقوم – بمقتضى الحث المغناطيسى – بتحويل التيار أو الجهد المتردد فى الملف الابتدائى إلى قيم أخرى من التيار أو الجهد المتردد فى الملف الثانوى .

ب – مجموعة مفاتيح كهربائية (switchgear)

هى جميع أجهزة التشغيل والتحكم والوقاية ومحولات الجهد ومحولات التيار المستخدمة فى أنظمة نقل وتوزيع القدرة الكهربائية . يمكن أن تكون مجموعة المفاتيح إما من النوع المركب خارج المبانى (outdoor) والتى تكون محاطة بأسوار خاصة ، أو النوع المركب داخل المبانى (indoor) . وتكون جهود خطوط النقل من 66 ك.ف وحتى 750 ك.ف . يمكن منع أو حجز المجالات الكهربائية الناتجة من خطوط النقل عن طريق الأشجار والمواد الموصلة الأخرى ، بينما لايمكن منع المجالات المغناطيسية

2 – خطوط التوزيع (Distribution lines)

تعمل خطوط التوزيع عند الجهود 3.3&6.6&11&13.8&22&33 ك.ف ، وتتغذى خطوط التوزيع من محولات خفض (step-down transformers) [وفيه يكون جهد الملف الثانوى أقل من الجهد المسلط على الملف الابتدائى] . وعادة توجد أول محولات خفض فى محطات المحولات الفرعية ، يلى ذلك محولات خفض مركبة على أعمدة خشبية أو أن تكون بحجرات خاصة بها . هذه المحولات تخفض الجهود إلى قيم الاستخدام النهائى للأغراض الصناعية والتجارية والسكنية حيث أنها تستخدم لتغذية الأجهزة الكهربائية بإحتياجها من الكهرباء . توجد وسائل متعددة لتجنب أو لخفض مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من خطوط التوزيع .

3 – الأجهزة (Appliances)

على الرغم من أن الأجهزة الكهربائية التى تصدر مجالات مغناطيسية ، لها مجالات عالية نسبيا بالقرب من مصدر التغذية الكهربائية (حوالى من 20 إلى 1000 مللى جاوس) إلا أنها تنخفض إلى المستوى الطبيعى بمجرد البعد لعدة أقدام عن المصدر . ولأن الحوائط لاتمنع توقف المجالات المغناطيسية ، فإن الأجهزة يمكن أن تسبب مجالات فى الحجرات المجاورة لأماكن تواجدها . مثلا تصدر الساعة الكهربائية الموجودة بجهاز الطبخ أو المدفأة (stove) مجالات مغناطيسية تكون أكبر فى الجانب الخلفى عن المجالات المغناطيسية أمام الجهاز . كذلك غالبا يكون لأجهزة التزويد بالرطوبة (humidifiers) وأجهزة إزالة الرطوبة (dehumidifiers) مجالات عالية والتى تنتشر لعدة أقدام حولها .

4 – تيارات الأرضى من خلال مواسير المياه (water pipe ground currents)

يوجد فى كثير من مجتمعات الضواحى بالمدن مواسير معدنية رئيسية وفرعية خاصة بالمياه . لتجنب الصدمات الكهربائية التى يمكن حدوثها بالمنازل ، فإنه يتم تأريض جميع الأجسام المعدنية للأجهزة وكذلك المواسير المعدنية . وهذا ينتج مسار معدنى بديل بالمنزل ، والذى يمكن أن يحمل ، فى بعض الحالات ، تيارات مسار التعادل أو تيارات الرجوع . لاتلغى تيارات المواسير المعدنية ، وذلك يختلف عن التوصيلات

بالمنازل ، سواء الحاملة للكهرباء أو الأرضى ، والتى تكون متقاربة من بعضها ، والنتيجة ، أن تنتج المجالات المغناطيسية من كل سلك وتلغى بعضها . حتى عندما يتم فصل جميع مصادر الكهرباء بالمنزل ، فإنه يمكن أن تتواجد تيارات الأرضى وبالتالى تتواجد المجالات المغناطيسية ، كذلك نتيجة استخدام الكهرباء بالمنازل المجاورة .
(ولاتحدث هذه المشكلة فى المنازل المحتوية على أبيار للمياه)

5 – التوصيلات الخاطئة (Faulty wiring)

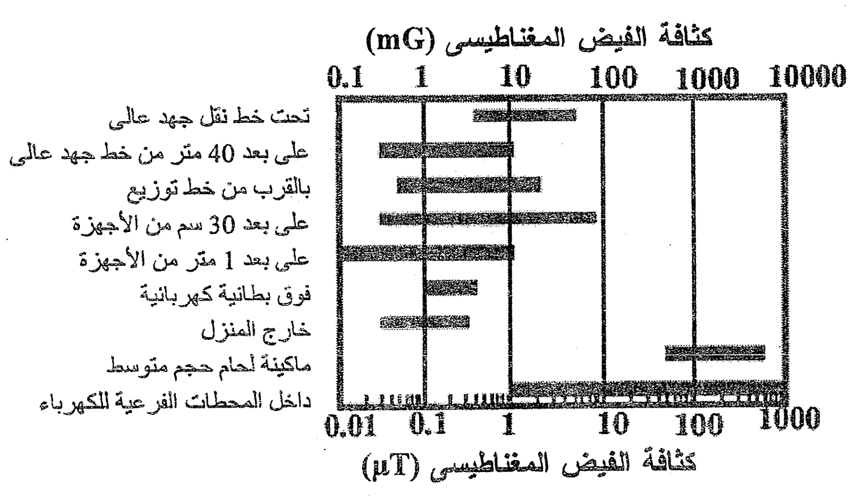
تعتبر التوصيلات الخاطئة من المصادر الأخرى للمجالات المغناطيسية . غالبا ، يتم توصيل مسار التعادل داخل المنزل ، بدون قصد ، أو فى بعض الحالات غير المطابقة للمواصفات ، بسلك الأرضى . وذلك يسمح بمسارات تيار رجوع متعددة ، وينتج عن ذلك تيارات عدم اتزان فى الأسلاك ، والتى تسبب تصدير مجالات مغناطيسية عالية .
يوضح جدول (3-3) مصادر الإشعاع المغناطيسى طبقا لنوع الطيف والتردد وطول الموجه .
ويوضح جدول (3-4) أمثلة لقيم المجال المغناطيسى الناتج من مصادر إشعاع التردد المنخفض تبعا لكل من البعد عن المصدر وقيمة التيار .
ويبين شكل (3-16) مستويات المجال المغناطيسى النموذجى لبعض مصادر المجال المغناطيسى .

جدول (3-3) الطيف الكهرومغناطيسي ومصادر الاشعاع عند مدى الترددات المختلفة

	نوع الأشعة	التردد	طول الموجة	المصادر
أشعة غير متأينة	مجالات كهرومغناطيسية / تردد منخفض Low-frequency electromagnetic fields	0.0Hz-100kHz	>3 km	– السكك الحديديه ($16\,^{2}/_{3}$Hz) – الشبكة الكهربائية (50 Hz)
	إشعاع تردد عالى High-frequency radiation	100kHz-300 GHz	1 mm –3 km	– أجهزة إرسال الراديو والتليفزيون – تليفون يعمل بتردد الراديو – التليفون المحمول – تليفون بدون سلك – أجهزة الميكروويف – النقل الاتجاهى – الرادار
	الأشعة تحت الحمراء Infrared	>300 GHz	1 mm –780 nm	– اشعاع حرارى
	الضوء Light		380 nm –750 nm	– الشمس
	الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet radiation		10 nm –380 nm	– الشمس – مصابيح الأشعة فوق البنفسجية
أشعة متأينة	أشعة جاما وأشعة اكس X-ray and gamma radiation		< 10 nm	– أجهزة أشعة أكس – النشاط الإشعاعي (radioactivity)

جدول (3-4) المجال المغناطيسى الناتج من مصادر إشعاع التردد المنخفض [12]

التأثير المغناطيسى magnetic induction (μ T)	التيار (amps)	البعد عن المصدر أو المحور	المصدر
0.02-0.5		—	المجال خلف المبانى (Background field in building)
0.05		1 m	المصباح الكهربى (Electric lamp)
3.0		30 cm	جهاز طبخ كهربى أو مدفأة كهربائية (Electric stove)
1.0		50 cm	شاشة حاسب آلى أو تليفزيون (TV, PC monitor)
10		30 cm	بطانية كهربائية (Electric blanket)
≤ 2000		30 cm	أدوات كهربائية (عدة كهربائية) (Electric tools)
≤ 10000		30 cm	محطات الإنتاج (Production plant)
≤ 12	500 لكل خط	10 m	خط السكة الحديد (خطين) (Railway catenary-2 track)
0.3	200	10 m	خط هوائى 24 kV (Overhead line 24 kV)
1.3	500	10 m	خط هوائى 110 kV (Overhead line 110 kv)
6.0	1000	20 m	خط هوائى 380 kV (Overhead line 380 kV)
0.8	200	5 m	كابل أرضى 16 kV (Cable installation 16 kV)
2.0	500	5 m	كابل أرضى 110 kV (Cable installation 110 kV)
≤ 6.0	200	2 m	محطة محول توزيع معلق على برج (Distribution transformer station on mast)
≤ 1	200	2 m	محطة محول توزيع أرضية (Distribution transformer station cabled)



شكل (3-16) مستويات المجال المغناطيسى النموذجى لبعض مصادر المجال المغناطيسى

جدول (2-3) تأثير المسافة على شدة المجال المغناطيسى

المصدر	أمثلة للمصدر	التأثير
موصلات أحادية **Single conductors** ⟶	• مواسير المياه • مسار التعادل	تنخفض المجالات المغناطيسية عكسيا مع المسافة عن المصدر $\{B\alpha(1/r)\}$
موصلات متعددة **Multiple conductor** ⟶ ⟵	• قضبان التوزيع • الكابلات • خطوط النقل	تنخفض المجالات المغناطيسية عكسيا مع مربع المسافة عن المصدر $\{B\alpha(1/r^2)\}$
ملفات **Coils& Loops** ○	• المحولات • المحركات • اللمبات الفلورسنت و ملحقاتها	تنخفض المجالات المغناطيسية مع مكعب المسافة عن المصدر $\{B\alpha(1/r^3)\}$

الباب الرابع

مصادر المجالات الكهربائية

Sources of Electric Fields

تنتج المجالات الكهربائية من الجهد ، و تعتمد فى قيمتها على قيمة الجهد، فكلما كانت الجهود العالية كلما تنتج مجالات كهربائية عالية. فمثلاً خطوط الجهود العالية و التى تغذى المدينة بالكهرباء نجد أنها تنتج مجالات كهربائية أكثر شدة من المجالات الكهربائية الناتجة من الجهود المنخفضة و التى تشغل أجهزة التليفزيون أو الفرن أو ...

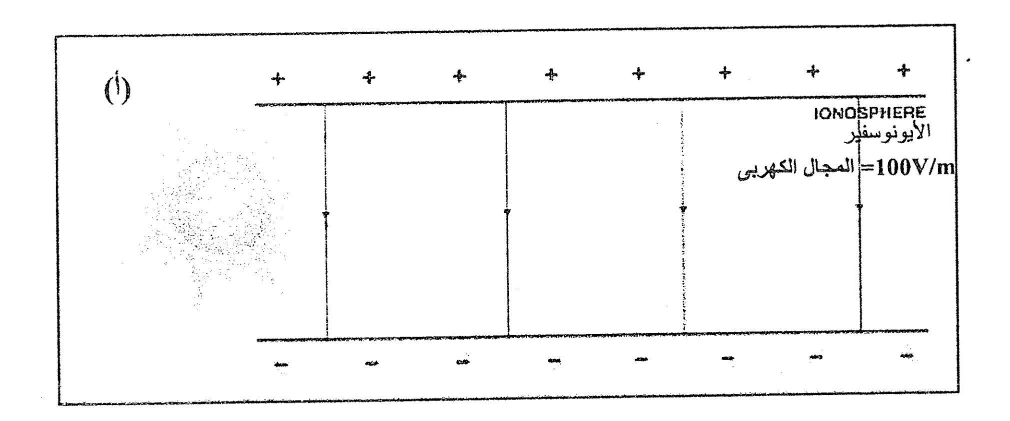
تقاس شدة المجال الكهربى بوحدة فولت/متر أو ك.فولت/متر.

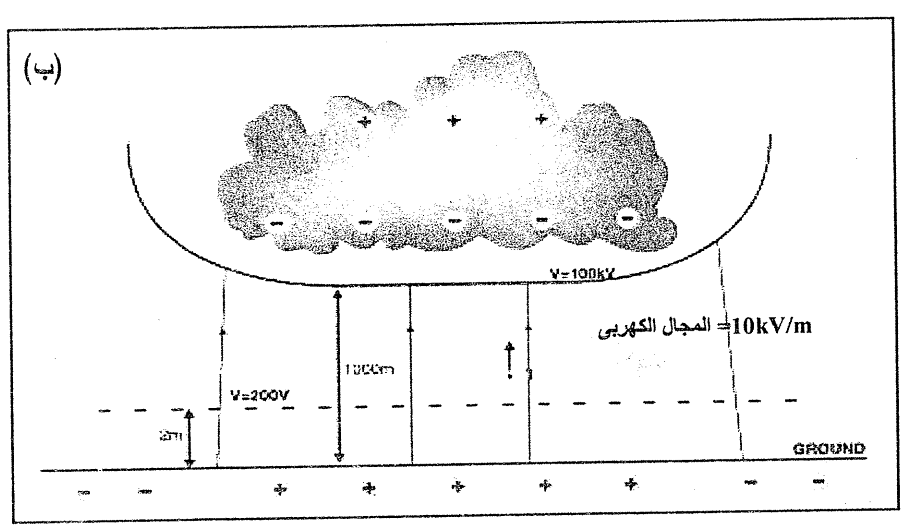
يعرف المجال الكهربى بأنه القوى الكهربائية (Electric Force) لكل وحدة شحنة (Charge). أو هو حيز فى الفضاء يحيط بالشحنات الكهربائية أو بجسم مشحون ، يكون قادراً على إحداث قوى تؤثر على أية شحنات أخرى واقعة فيه.

تصنف مصادر المجالات الكهربائية إلى مصادر طبيعية (natural sources) و مصادر غير طبيعية (unnatural sources).

من المصادر الطبيعية للمجال الكهربى ، المجال الحادث على سطح الأرض و الناتج من الشحنات الكهربائية الموجودة على أعلى جزء من الغلاف الجوى (atmosphere) [و المعروف بأسم الأيونوسفير ionosphere أو الغلاف الأيونى : ذلك الجزء المؤين من جو الأرض الذى يبدأ على إرتفاع 25 ميلاً تقريباً] ، حيث يوجد إختلاف فى الجهد بين الغلاف الجوى و الأرض. يستمر إرتفاع الشحنات الكهربائية الأرضية من الأرض و فى إتجاه الغلاف الجوى، و هذا يخلق مجال كهربى فى الحدود من 100V/m إلى 150V/m كما فى شكل (1-4)أ.

و على ذلك ، فإن العواصف – فى وجود الصواعق- تعمل على إعادة هذه الشحنات إلى الأرض و ذلك للحفاظ على إتزان الأرض. و خلال العواصف يمكن أن يصل المجال الكهربى تحت السحاب إلى 10kV/m ، كما هو واضح فى شكل (1-4)ب.



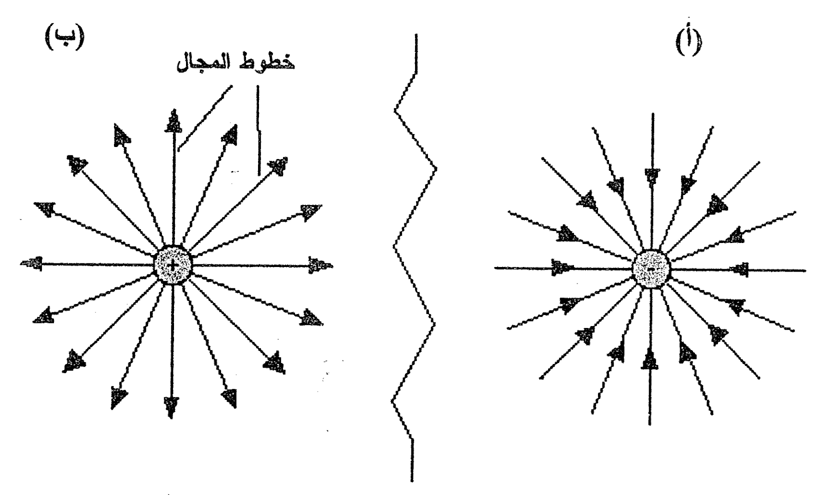


شكل (1-4) المصدر الطبيعى للمجال الكهربى

أصبحت الكهرباء من أساسيات الحياة ، حيث تتواجد الأجهزة الكهربائية فى كل مكــان و فى جميع الأوقات فى الحياة اليومية ، فالجميع يـسبح بإســتمرار فــى المجــالات المغناطيسية و الكهربائية الناتجة من هذه الأجهزة.

و من مصادر المجالات الكهربائية: نقطة مشحونة ، أسطوانة مشحونة، كرة مشحونة ، عدة نقط مشحونة، لوحين متوازيين مشحونين،......

يكون إتجاه خطوط المجال الكهربى للشحنة الكهربائية الموجبة عكس الإتجاه للــشحنة الكهربائية السالبة، كما هو واضح فى شكل (2-4).



شكل (2-4) المجالات الكهربائية

أ- المجال الناتج من شحنة كهربائية سالبة

ب- المجال الناتج من شحنة كهربائية موجبة

1-المجال الكهربى الصادر من نقطة مشحونة

(Electric field of a point charge)

تعتمد قيمة المجال الكهربى حول الشحنة الكهربائية، بإعتبارها مصدراً للمجال الكهربى ، على كيفية توزيع الشحنة فى الفراغ. فمثلاً للشحنة المركزة بالقرب من نقطة ، فإن المجال الكهربى يتناسب مباشرة مع كمية الشحنة، ويتناسب عكسياً مع مربع المسافة الإشعاعية البعيدة عن مركز الشحنة ، و يعتمد المجال أيضا على طبيعة الوسط.

نحصل على المجال الكهربى الصادر من نقطة مشحونة ، كما فى شكل (3-4) ، كالآتى:

$$\phi = EA = E\left(4\pi r^2\right) = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$\therefore E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{kQ}{r^2}$$

حيث

ϕ = electric flux

= الفيض الكهربى

E = Electric field strength or electric field intensity or electric field

=شدة المجال الكهربى أو المجال الكهربى

A = area of a circle

=مساحة الدائرة

Q = Point charge or source charge

=شحنة المصدر أو نقطة مشحونة

r =the distance radially away from the centre of the source charge

=المسافة الإشعاعية من مركز شحنة المصدر

ε_0 =electric permittivity of free space

=السماحية الكهربائية للفراغ

تعرف السماحية بأنها النسبة بين قيمة الإزاحة الكهربائية فى الوسط و بين شدة المجال الكهربى المسبب لها. كذلك تساوى حاصل ضرب ثابت العازل الكهربائى فى سماحية الفراغ.أى أن:

$\varepsilon_0 = (1/36\pi)10^{-9} \cong 8.85*10^{-12}$ F/m

k= Coulomb's constant

= ثابت كولوم

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8.987552*10^9 \quad \mathbf{Nm^2/C^2}$$

2- المجال الكهربى الصادر من كرة موصلة

(Electric Field of Conducting Sphere)

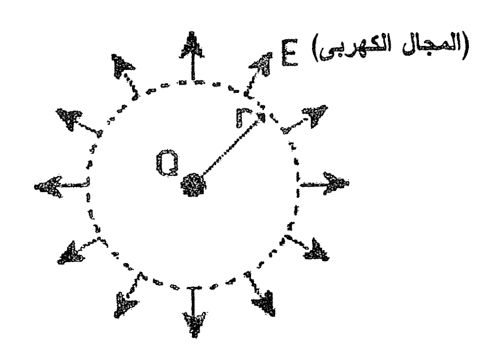
بفرض أن قطر الكرة الموصلة R و أن المجال الكهربى الصادر يكون على بعد r (بحيث r>R) و أن الكرة مشحونة بـ Q كما فى شكل (4-4)، عندئذ نحصل على الفيض الكهربى من المعادلة الآتية:

$$\phi = \mathbf{EA} = \mathbf{E}(4\pi\mathbf{r}^2) = \frac{\mathbf{Q}}{\varepsilon_0}$$

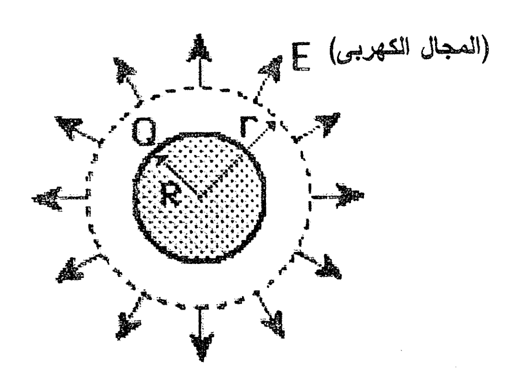
$$\mathbf{Q} = \varepsilon_0\phi$$

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{Q}}{4\pi\varepsilon_0\mathbf{r}^2}$$

$$= \frac{\mathbf{kQ}}{\mathbf{r}^2}$$



شكل(3-4) المجال الكهربى الناتج من نقطة مشحونة



شكل (4-4) المجال الكهربى الصادر من كرة موصلة

3- المجالات الكهربائية الصادرة من لوحين متوازيين

(Electric field of parallel plates)

نفرض أن المجال الكهربى بين اللوحين متعادل و يساوى صفر، فإن المجال الكهربى على السطح الموصل المشحون ، كما فى شكل (4-5) ، نحصل عليه كالآتى:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_o}$$

حيث

σ = sheet charge density in Coulomb/m²

$=$ كثافة شحنة اللوح بوحدة كولوم/متر^2

4- المجال الكهربى الصادر من عدة نقط مشحونة

(Electric field of multiple point charges)

يكون المجال الكهربى الصادر من عدة نقط مشحونة هو الجمع الإتجاهى للمجالات الكهربائية الصادرة من كل شحنة منفصلة ، يوضح شكل (4-6) المجال الكهربى الصادر من نقطتين مشحونتين q_2 & q_1 و من هذا الشكل نجد أن :

$$E_y = E_{1y} + E_{2y}$$

$$E_x = E_{1x} + E_{2x}$$

$$\therefore E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

$$\tan\varphi = \frac{E_y}{E_x}$$

$$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2}$$

$$E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2}$$

$$\therefore E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

تعتمد تركيبة خطوط المجالات الكهربائية على نوع الشحنة : سالبة أو موجبة و على كمية الشحنة و غالباً ما تكون الخطوط طويلة و معقدة.

بإستخدام برامج حاسب آلى أمكن رسم المجالات الكهربائية الصادرة من نقطتين مشحونتين لهما نفس القطبية و القيمة أو مختلفتين فى القطبية و القيمة. يوضح شكل (4-7) خطوط المجالات الكهربائية الصادرة من شحنتين لهما نفس القيمة و القطبية الموجبة.

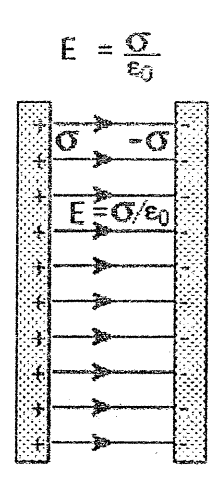
و يوضح شكل (4-8) خطوط المجالات الكهربائية الصادرة من شحنتين لهما نفس القيمة و القطبية السالبة (الحالة أ) و عندما أختلفت القطبية (- &+) ، الحالة ب.

و يبين شكل (4-9) أمثلة لخطوط المجالات الكهربائية الصادرة من شحنتين غير متساويتين و عند تماثل القطبية أو إختلافها.

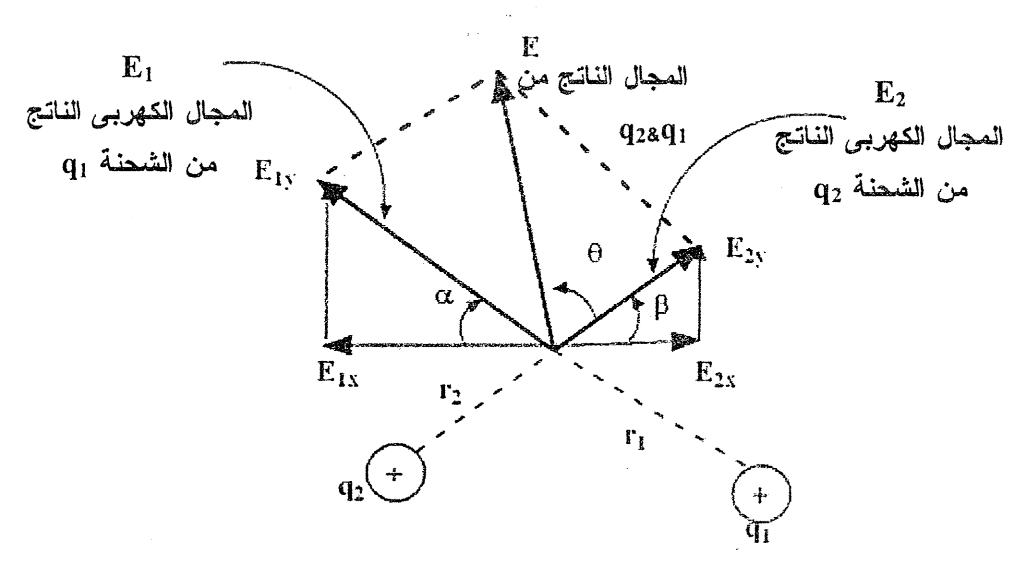
بعد تسجيل رسومات خطوط المجال الكهربى لتشكيلات متغيرة للشحنة ، فإنه يمكن التنبأ بنماذج عامة لتشكيلات أخرى . توجد بعض الملاحظات الأساسية التى يمكن أن تساعد فى أجزاء هذا التنبأ ، مثل:

- غالباً تمتد خطوط المجال الكهربى من موضع الشحنة الموجبة إلى موضع الشحنة السالبة، و من موضع الشحنة الموجبة إلى اللانهاية ، و من اللانهاية إلى موضع الشحنة السالبة.
- خطوط المجال الكهربى لا تتقاطع معاً مطلقا
- غالباً تكون خطوط المجال الكهربى كثيفة حول الأغراض ذات الشحنة الأكبر
- لكل المواضع التى تتقابل فيها خطوط المجال الكهربى عند سطح الغرض (أو المادة) تكون الخطوط متعامدة مع السطح.

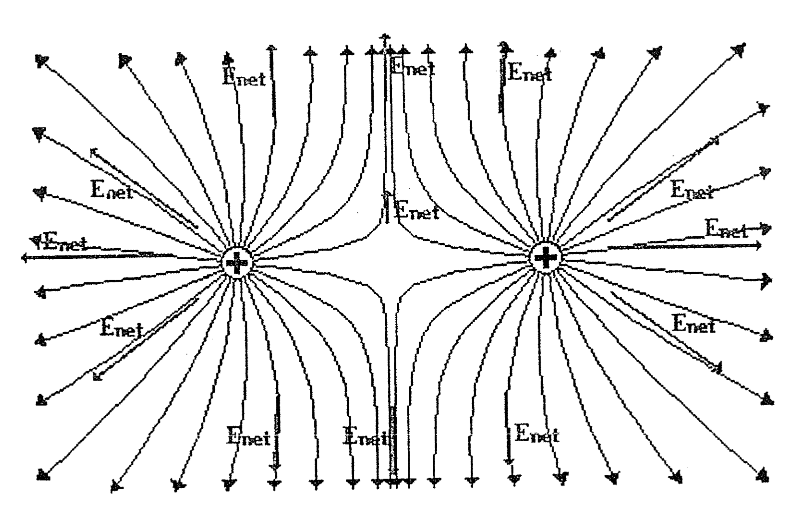
يوضح شكل (4-10) مثال لخطوط المجال الكهربى الناتج من جسمين مختلفي فى الشحنة و مختلفي فى الشكل أيضاً.



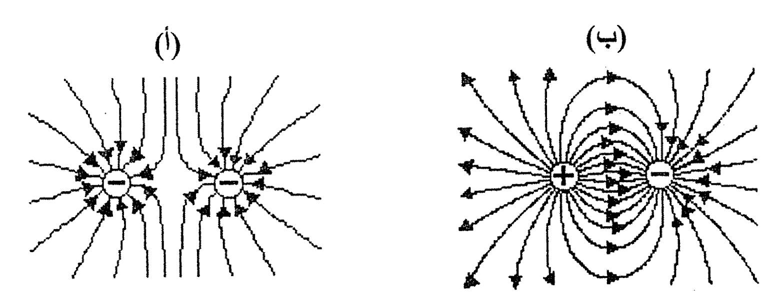
شكل (4-5) المجال الكهربى الناتج من لوحين مشحونين



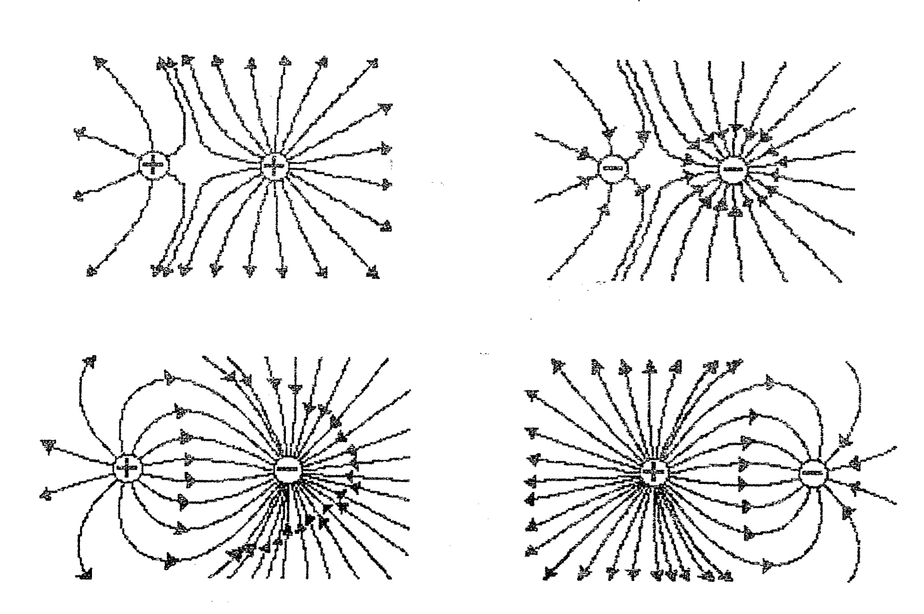
شكل (4-6) المجال الكهربى الناتج من نقطتين مشحونتين



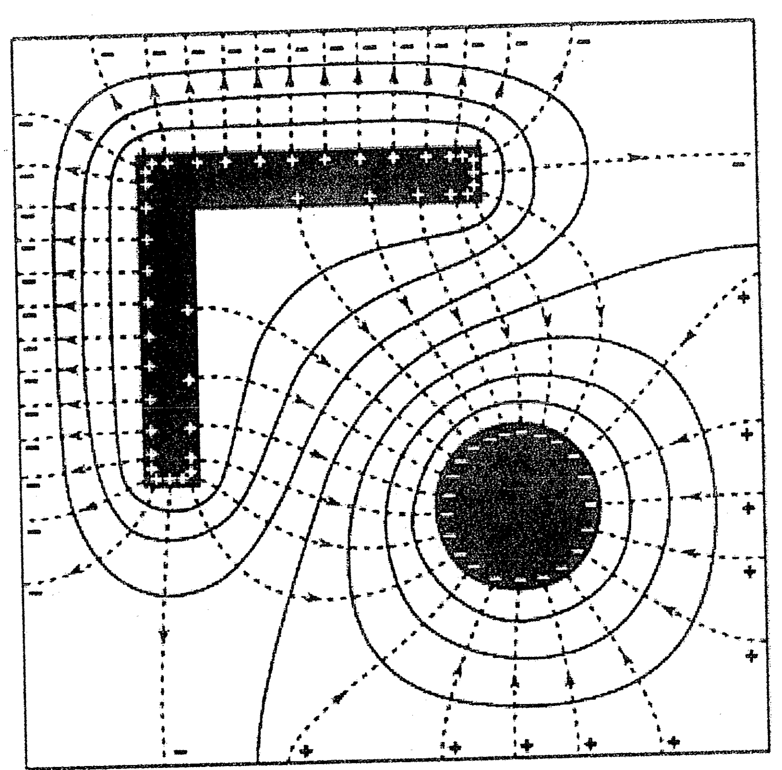
شكل (7-4) خطوط المجالات الكهربائية الصادرة من شحنتين لهما نفس القيمة و القطبية الموجبة



شكل (8-4) خطوط المجالات الكهربائية الصادرة من
(أ) شحنتين لهما نفس القيمة و القطبية السالبة
(ب) شحنتين لهما نفس القيمة و مختلفى القطبية



شكل (9-4) أمثلة لخطوط المجالات الكهربائية الصادرة من شحنتين غير متساويين و عند تماثل القطبية أو إختلافها



شكل (10-4) خطوط المجالات الكهربائية الصادرة من عنصرين مختلفى الشكل و ذى شحنة مختلفة

مستويات المجالات الكهربائية المنبعثة:

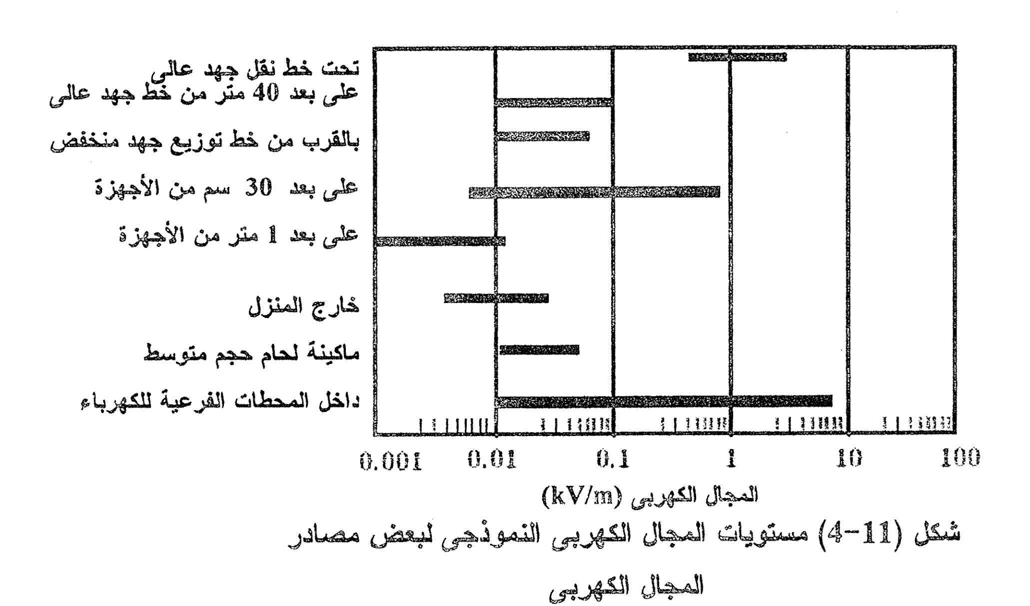
سنتعرض فى هذا البند لمستويات المجالات الكهربائية الصادرة من الأجهزة و المعدات الكهربائية- طبقاً لبعض المراجع.

يوضح شكل(4-11) مستويات المجالات الكهربائية الصادرة من خطوط نقل الجهد العالى و خطوط توزيع الجهد المنخفض و داخل المحطات الفرعية و الأجهزة الكهربائية و توضح الجداول (4-1) ، (4-2) ، (4-3) المجالات الكهربائية الصادرة من الأنواع المختلفة للإجهزة المنزلية و من خط السكة الحديد و من الخطوط الهوائية و الكابلات الأرضية و محطات محولات التوزيع و ....و....

و يلاحظ من هذه الجداول الآتى:

- أقل مجال كهربائى هو الصادر من المصباح الكهربى
- لا يصدر عن الكابلات الأرضية أية مجالات كهربائية و ذلك على بعد 5 متر
- المجال الكهربى الصادر من البطانية الكهربائية على بعد 30cm يساوى المجال الكهربى الصادر من خط هوائى جهد 110kV على بعد 10m
- تتراوح المجالات الكهربائية الصادرة بالقرب من الأجهزة المنزلية بين 250V/m & 10V/m
- جميع قيم المجالات الكهربائية الصادرة من الأجهزة المنزلية أقل كثيراً من قيمة الحد الدليلى.

تنخفض المجالات الكهربائية بشدة كلما بعدت المسافة عن الأجهزة الكهربائية أو المعدات الكهربائية المصدرة للمجالات الكهربائية ، كما هو واضح فى شكل (4-12).



شكل (4-11) مستويات المجال الكهربى النموذجي لبعض مصادر المجال الكهربى

جدول (4-1) حدود المجال الكهربى الصادر من الأجهزة المنزلية

المصدر	المجال الكهربى (V/m)
بالقرب من الأجهزة المنزلية (Near domestic appliances)	10-250
المنازل التقليدية (Typical homes)	1-10
خارج المنازل (Outside homes)	<1

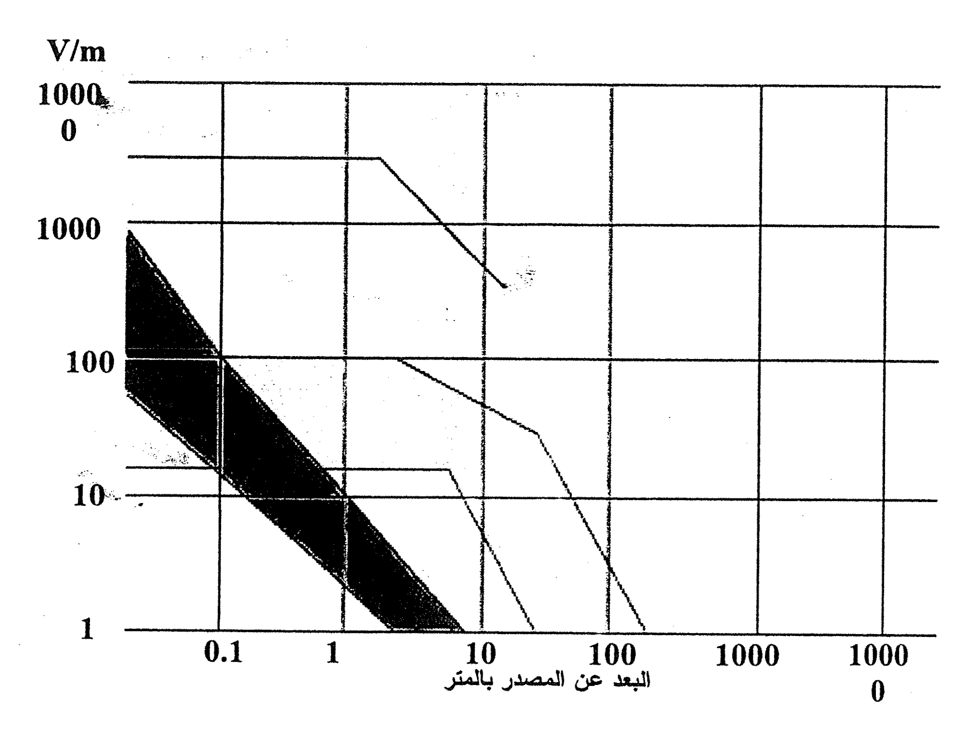
جدول (3-4) المجال الكهربى الناتج من مصادر إشعاع التردد المنخفض [12]

المجال الكهربى (kV/m)	البعد عن المصدر أو المحور	المصدر
< 0.005	—	المجال خلف المبانى (Background field in building)
0.010	1 m	المصباح الكهربى (Electric lamp)
0.005	30 cm	جهاز طبخ كهربى أو مدفأة كهربائية (Electric stove)
0.030	50 cm	شاشة حاسب آلى أو تليفزيون (TV, PC monitor)
0.250	30 cm	بطانية كهربائية (Electric blanket)
0.060	30 cm	أدوات كهربائية (عدة كهربائية) (Electric tools)
≤ 0. 500	30 cm	محطات الإنتاج (Production plant)
0.100	10 m	خط السكة الحديد (خطين) (Railway catenary-2 track)
0.030	10 m	خط هوائى 24 kV (Overhead line 24 kV)
0.250	10 m	خط هوائى 110 kV (Overhead line 110 kv)
1.0	20 m	خط هوائى 380 kV (Overhead line 380 kV)
0.0	5 m	كابل أرضى 16 kV (Cable installation 16 kV)
0.0	5 m	كابل أرضى 110 kV (Cable installation 110 kV)
≤ 0. 07	2 m	محطة محول توزيع معلق على برج (Distribution transformer station on mast)
<0.001	2 m	محطة محول توزيع أرضية (Distribution transformer station cabled)

جدول(2-4) شدة المجال الكهربى النموذجى المقاس على بعد 30 سم من الأجهزة المنزلية [17]

نوع الجهاز المنزلى	شدة المجال الكهربى V/m
راديو أو تليفزيون بمكبر صوتى (Stereo receiver)	180
مكواة (Iron)	120
ثلاجة (Refrigerator)	120
خلاط (Mixer)	100
محمصة خبز (Toaster)	80
مجفف الشعر (Hair dryer)	80
تليفزيون ملون (Colour TV)	60
أجهزة عمل القهوة (Coffee machine)	60
مكنسة كهربائية (Vacuum cleaner)	50
فرن كهربى (Electric Oven)	8
مصباح (Light bulb)	5
قيمة الحد الدليلى (Guideline Limit Value)	5000

(Federal office for Radiation Safety, Germany 1999)



شكل (12-4) العلاقة بين المجال الكهربى و بعد
المسافة عن المصدر

الباب الخامس

المحطات الفرعية و المحولات والمجالات المغناطيسية
Substations ,Transformers and EMFs

تتكون الشبكة الكهربائية من :

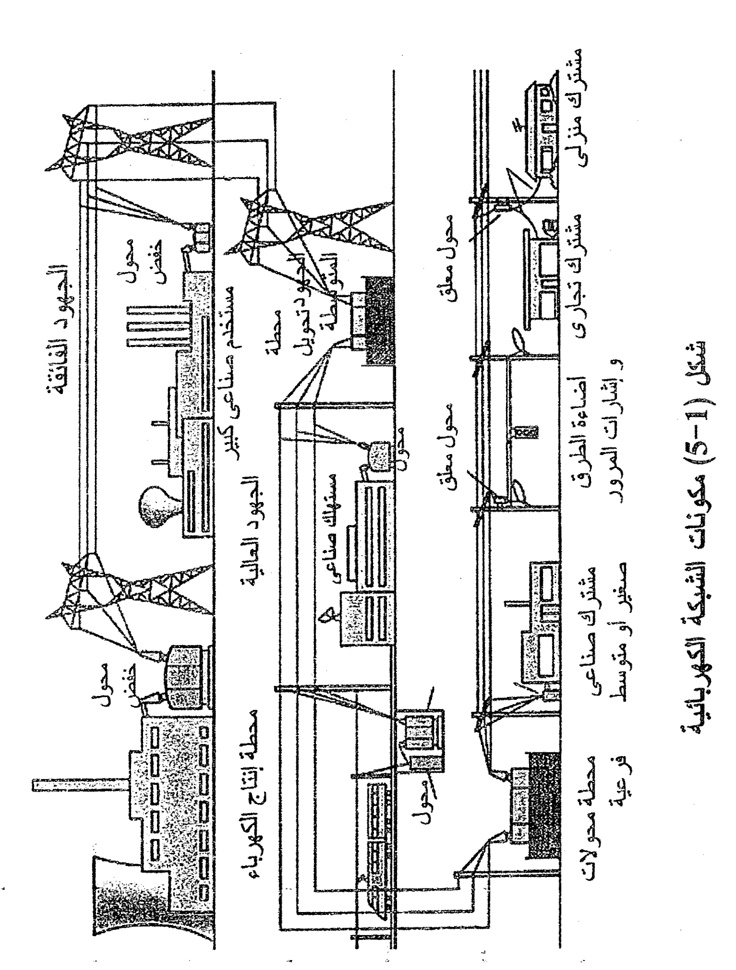
محطات انتاج الكهرباء وخطوط هوائية وكابلات أرضية ومحطات محولات ومحطات فرعية ومحطات فرعية ثانوية . وتحتوى المحطات على محولات قدرة أو محولات توزيع تبعا لنوع المحطة .

يوضح شكل (5-1) تمثيل لمكونات الشبكة الكهربائية .

تقام انشاءات الشبكة الكهربائية ذات الجهود العالية والفائقة ، مثل محطات انتاج الكهرباء ومحطات المحولات والابراج والخطوط الهوائية ، خارج حدود المدينة أى بعيدا عن الاماكن المأهولة بالسكان .. بينما تتواجد المحطات الفرعية الثانوية والكابلات الارضية ذات الجهود المتوسطة والمنخفضة داخل المدن .. وذلك لانها المسئولة عن تغذية المناطق السكنية والصناعية والتجارية بجهود التغذية (جهود الاستعمال) وهى 220 & 380 فولت .

وتستخدم المحولات المعلقة فى الارياف وفى المناطق الشاسعة والمتواجد بها مناطق سكنية على مسافات متباعدة حيث يركب المحول على ابراج ويتغذى من خطوط هوائية..

تتولد المجالات المغناطيسية حول المحول نفسه وتنخفض المجالات كلما بعدت المسافة عن المحول . كثير من الابحاث أثبتت ان المجالات المغناطيسية الصادرة من محول التوزيع المتواجد بالمحطة الفرعية الثانوية تماثل المجالات المغناطيسية الناشئة عن أجهزة الطبخ الكهربائية . وتكون أقصى قيمة للمجال بالقرب من جسم المحول وتتلاشى كلما بعدت المسافة عن المحطة الفرعية ، وغالبا ماتنخفض قيمة المجالات المغناطيسية الى مستوى الارضى عندما تبعد المسافة حوالى من 4 إلى 5 أقدام .



شكل (5-1) مكونات الشبكة الكهربائية

المحطات الفرعية الثانوية (Secondary Substations)

تستخدم المحطات الفرعية الثانوية لتخفيض الجهود المتوسطة (6.6 أو 11 أو 22 أو 33 ك.ف) إلى الجهود المنخفضة 220 أو 380 فولت وهو جهد الاستخدام النهائى .

تتكون المحطة الفرعية الثانوية من : خلية الجهد المتوسط ومحول التوزيع ولوحة مفاتيح الجهد المنخفض .

وفيما يلى توضيح كل مكون :

أ – مجموعة مفاتيح الجهد المتوسط (Medium Voltage Switchgear)

أو حجيرة الجهد المتوسط (Medium Voltage Compartment)

أو لوحة حلقية جهد متوسط (MV ring main unit)

وهى عبارة عن لوحة معدنية تحتوى على قضبان توزيع (bus bar) ومفاتيح فصل على حمل (Load break switches) ومصهرات . ويوجد منها النوع المعزول بالهواء (air insulated) والمعزول بالغاز (gas insulated) .

يوضح شكل (5-2) الشكل العام للوحة حلقية جهد متوسط .

ويوضح شكل (5-3) تمثيل لوحة حلقية تحتوى على عدد 2 خلية كابل وخلية محول ولوحة تحتوى على عدد 3 خلية كابل وخلية محول . كذلك تمثيل لاتجاه التيارات المارة بهما . وحيث ان هذا المكون يمثل الجهد العالى بالمحطة الفرعية الثانوية فان التيارات المارة به تكون صغيرة نسبيا ، مقارنة بالتيارات المارة بشبكة الجهد المنخفض ، وبالتالى فان المجالات المغناطيسية المنبعثة من لوحة الجهد المتوسط تكون منخفضة .

ب – محول التوزيع (Distribution transformers)

يتغذى المحول بالجهد المتوسط بتوصيله بخلية كابل المحول باللوحة الحلقية ويتم تغذية لوحة الجهد المنخفض من مخرج محول التوزيع .

عادة توجد مجالات كهربائية ومغناطيسية بالقرب من المحولات و مواقع دخول خطوط الكهرباء التى توصل بين المحولات وبعضها . ولكن تنخفض هذه المجـالات بسرعة بمجرد البعد عن المحول .

عموما يعتبر المحول من مصادر انبعاث المجالات المغناطيسية بقيمة منخفـضة جـدا نتيجة ان جميع محولات التوزيع تنتج بمفقودات منخفضة جدا ومصممة بحيث تكـون المجالات الشاردة (stray field) منخفضة ، وهى عبارة عن فيض شارد غير نـافع يسلك طريقا غير مرغوب فيه فى المحول ، وبالتـالى فـان المجـالات المغناطيـسية المنبعثة من المحول تكون منخفضة . يوضح ملحـق (2) تعريـف محـولات القـوى الكهربائية.

ج – لوحـة توزيع الجهـد المنخـفض

(Low Voltage Distribution Switchboard)

عبارة عن لوحة واحدة أو مجموعة من اللوحات تركب بها مجموعة من المفـاتيح أو المصهرات وقضبان توزيع جهد منخفض . وهى وسيلة تستخدم فى نظـم توزيـع القدرة الكهربائية ويوزع عن طريقهـا التيـار للمـستهلكين .. أى لتـشغيل الآلات و المعدات والاجهزة الكهربائية .

يتم تغذية لوحة توزيع الجهد المنخفض من محول التوزيع ، ونتيجة مـرور تيـارات عالية بقضبان توزيع وكابلات خروج الجهد المـنخفض فـان لوحـة توزيـع الجهـد المنخفض تمثل المصدر الرئيسى لانبعاثات المجالات المغناطيسية من المحطات الفرعية الثانوية .

ويوضح شكل (4-5) تمثيل لمكونات محطة فرعية ثانوية .

يوجد نوعين من المحطات الفرعية الثانوية هما :

– محطات مبانى (Substation rooms)

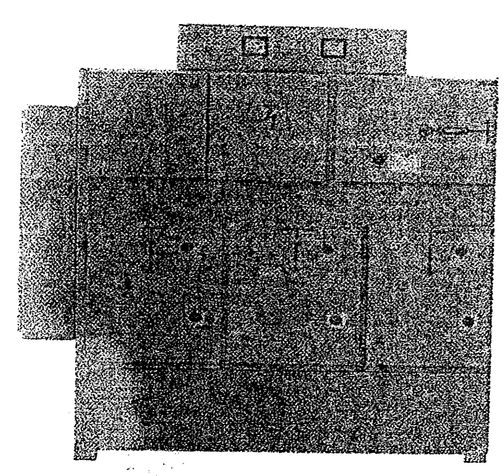
وفى هذه الحالة تنظم مكونات المحطة داخل حجرة مبانى لها مواصفات محـددة مـن حيث المساحة والارتفاع والتهوية والموقع . وغالبا ماتقع محطـة المبـانى بمنطقـة سكنية مأهولة بالسكان .

ويوضح شكل (5-5) محطة فرعية ثانوية مبانى ومحتوياتها .

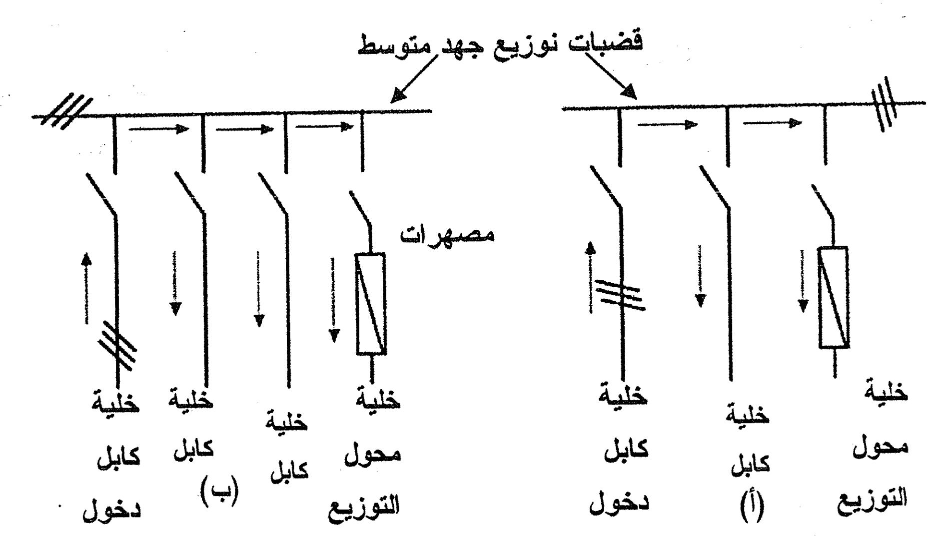
- محطات مدمجة للتركيب خارج مبنى (Outdoor Compact Substations)
أو الاكشاك (Kiosks)

يصنع جسم الكشك من صاج مسحوب على البارد أو صاج الو زنــك (alu-zinc) ثـم تدهن بدهان اليكتروستاتيكى مقاوم للصدمات والعوامل الجوية وكذلك دهــان حجــرى للاماكن الساحلية

وتركب المحطة (أو الكشك) خارج المبانى ووسط الاحياء السكنية
ويوضح شكل (5-6) محطة مدمجة (الكشك) .
ويوضح شكل (5-7) لوحة توزيع الجهد المنخفض الموجودة داخل الكشك .



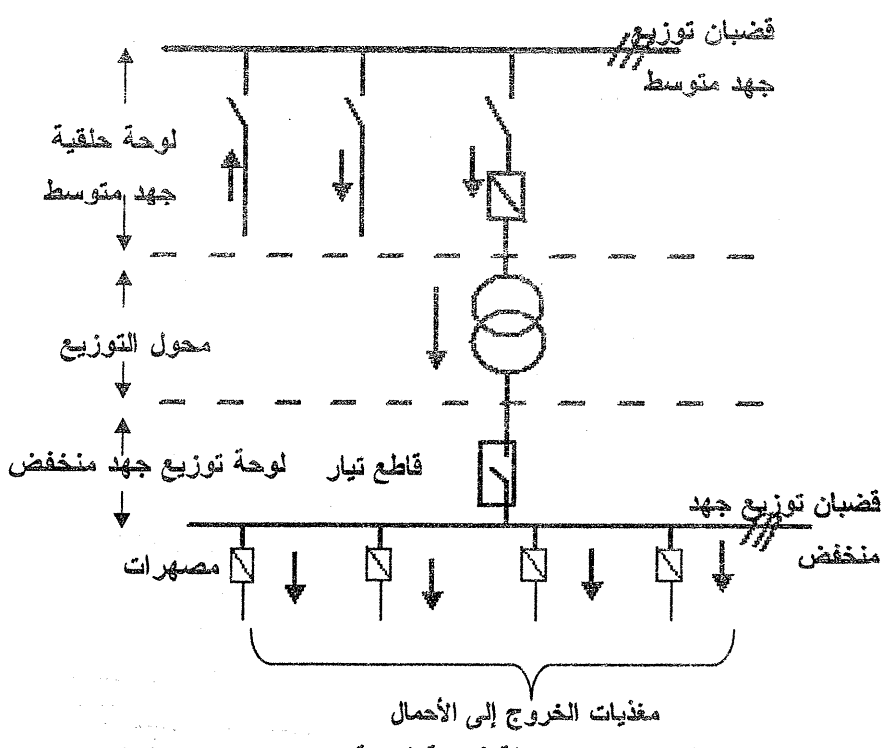
شكل (5-2) لوحة حلقية جهد متوسط



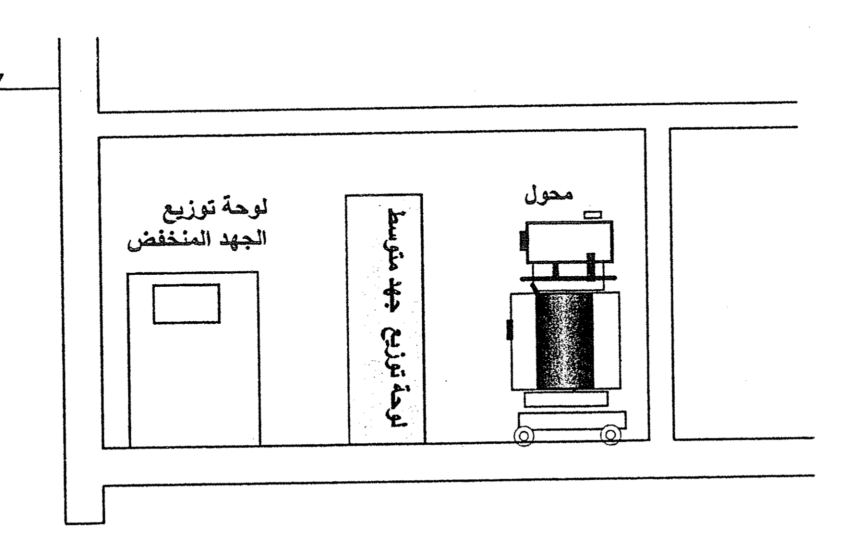
شكل (3-5) تمثيل لوحة حلقية جهد متوسط (ثلاثة أطوار)

(أ) لوحة تحتوى على عدد 2 خلية كابل + خلية محول

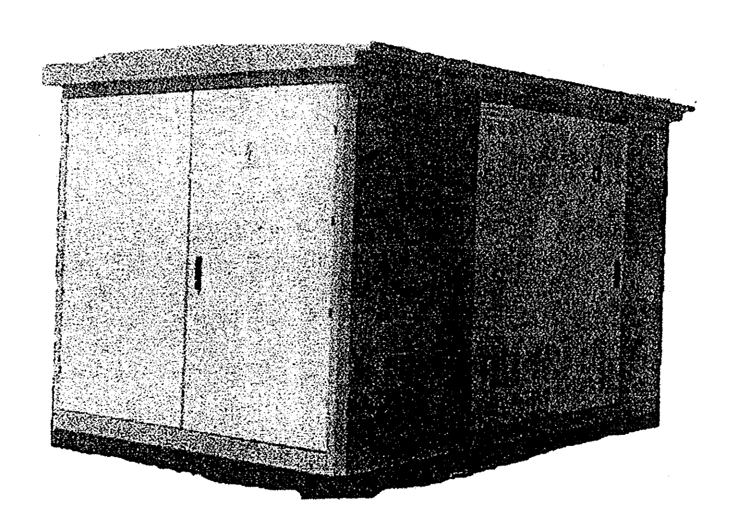
(ب) لوحة تحتوى على عدد 3 خلية كابل+ خلية محول



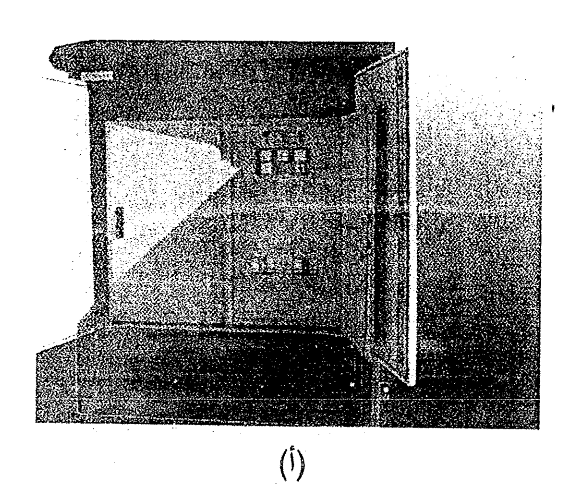
شكل (4-5) تمثيل لمكونات محطة فرعية ثانوية و إتجاهات مرور التيارات



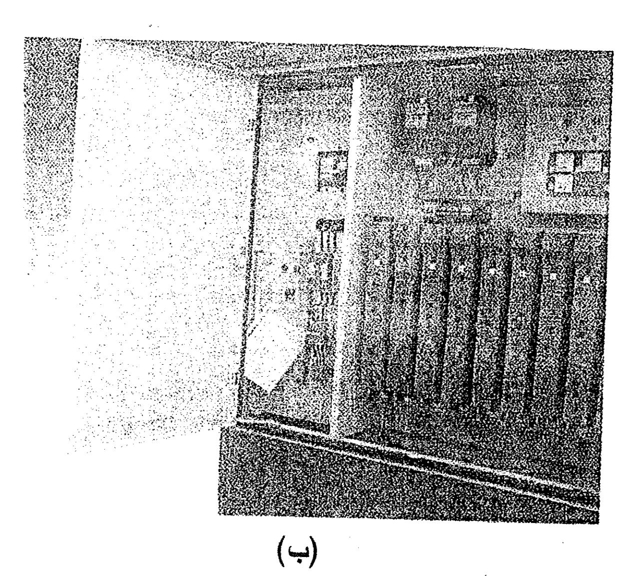
شكل (5-5) محطة فرعية ثانويه مبانى



شكل (6-5) محطة مدمجة (كشك)



(أ)



(ب)

شكل (7-5) لوحة توزيع جهد منخفض

(أ) عند فتح الباب الخارجى

(ب)عند فتح الباب الخارجى و الباب الداخلى

طرق توصيل الموصلات الثانوية للمحولات

يتم التوصيل بين الأطراف الثانوية للمحول (الجهد المنخفض) و لوحة توزيع الجهد المنخفض بأحد هذه الطرق:

أ- عن طريق موصلات (Conductors) تثبت فى سقف حجرة المحول كما فى شكل (8-5).

ب- بأستخدام قضبان (bus bars) كما فى شكل (9-5) و الذى يوضح مسقط أفقى لحجرة محول و فيها تم توصيل أربعة قضبان بين أطوار المحول R,S,T و التعادل N و بين أطوار قضبان توزيع الجهد R,S,T و التعادل N.

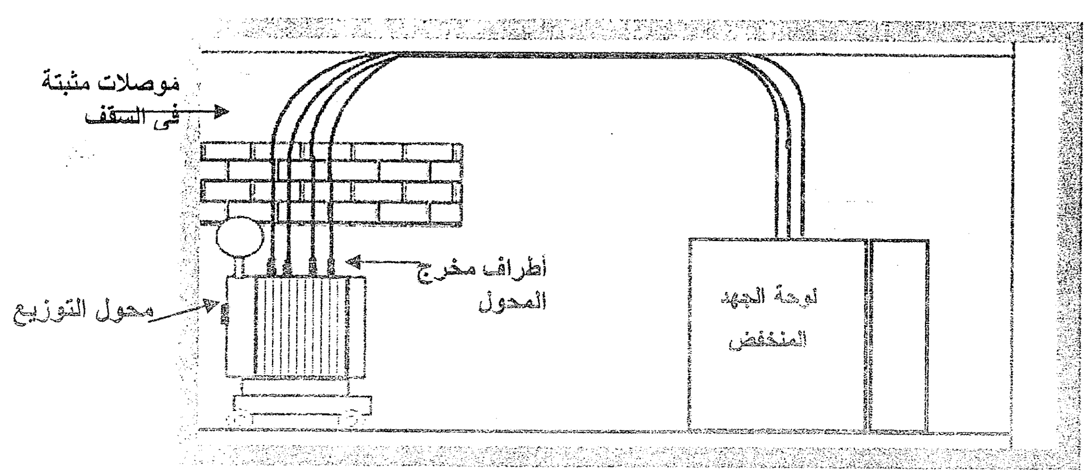
ت- بإستخدام كابلات جهد منخفض (LV cables) كما فى شكل (10-5) و الذى يوضح مسقط أفقى لحجرة المحول.

عند أستخدام كابلات جهد منخفض للتوصيل بين المحول و لوحة توزيع الجهد المنخفض فأنه يمكن الحصول على مسافات أصغر بين الأطوار, و أختيار أفضل مسافة, بالإضافة إلى أن الكابلات أسهل فى الأنشاءات من حيث تشكيل مسارها.

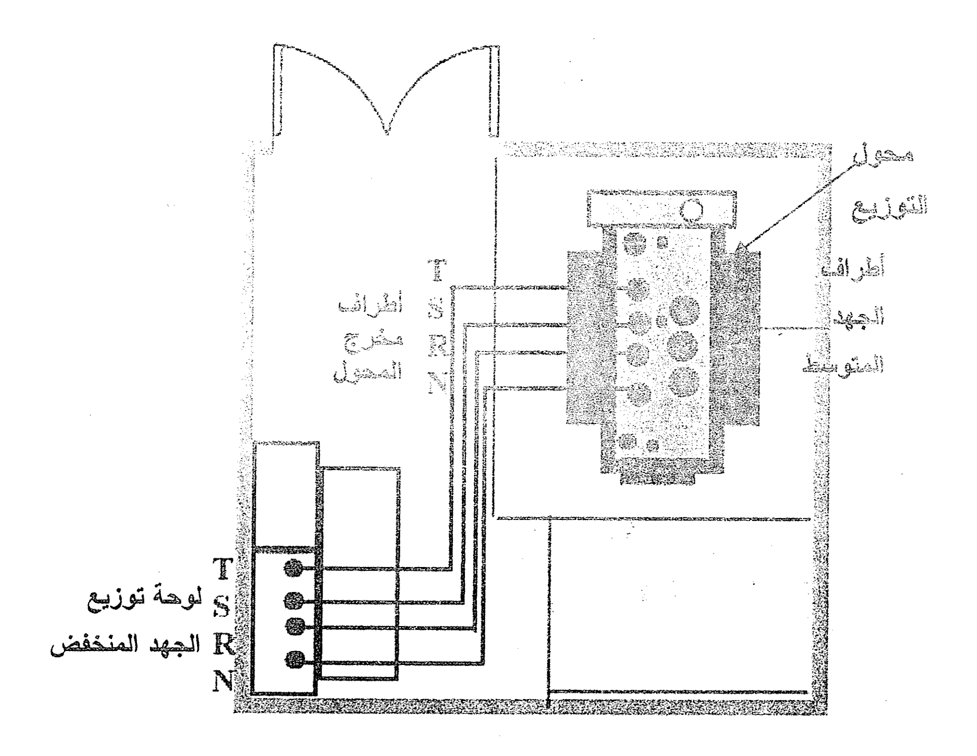
الأعتبارات اللازمة لأختيار موقع محطة محولات فرعية:

عند أختيار مواقع لأنشاء محطات محولات فرعية جديدة , يجب أن يتم الأختيار بعناية للتأكد من أنه لا توجد إستخدامات حساسة بالقرب من الموقع, يجب أن يؤخذ فى الأعتبار بعض العناصر المثالية التالية عند أختيار موقع جديد أو عند بناء موقع:

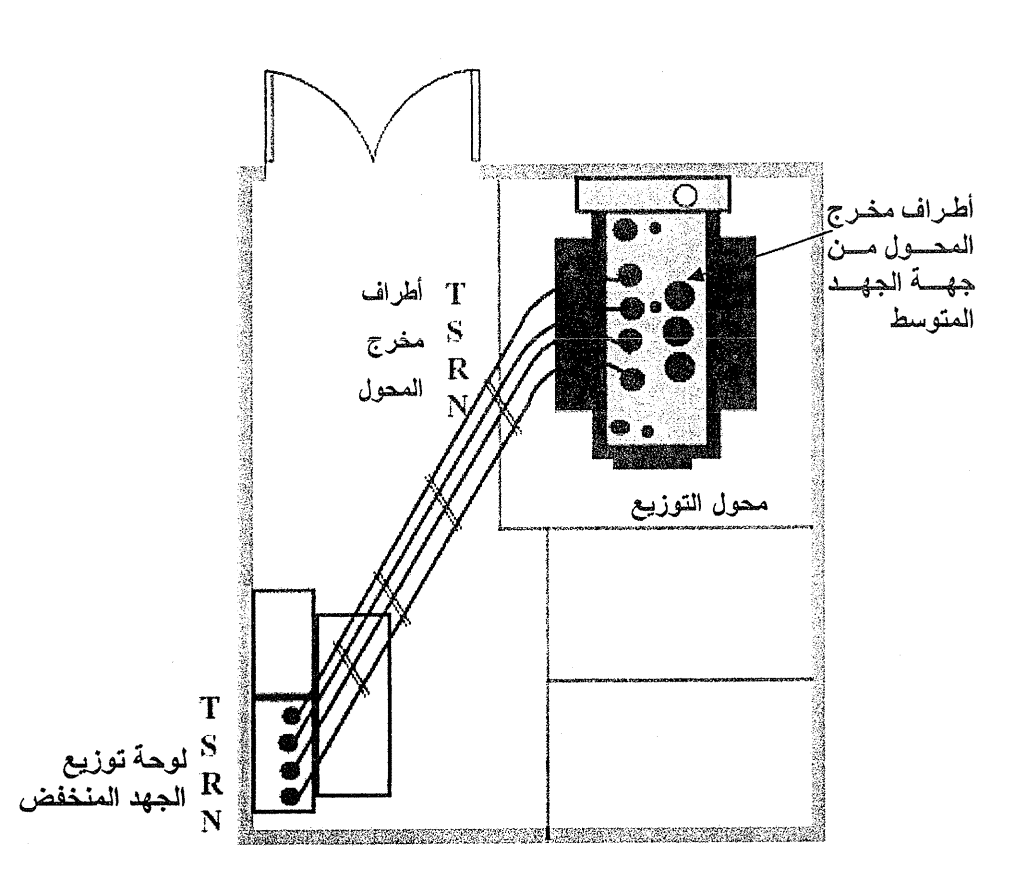
- الترتيب المثالى للمعدات الكهربائية (المحول & لوحات المفاتيح أو لوحات التوزيع)
- الترتيب المثالى لأطوار الكابلات (Phases of cables)
- الترتيبات للمجال المثالى (Optimal field arrangements)
- ترتيب قضبان التوزيع (Bus bars)
- تصميم أو تخطيط قضيب الأرضى (earth bus) (تخفيض تيار التعادل فى نظام الأرضى)



شكل (5-8) موصلات جهد منخفض مثبتة فى السقف



شكل (5-9) نظام قضبان جهد منخفض بين المحول و لوحة التوزيع



شكل (10-5) نظام كابلات جهد منخفض بين المحول و لوحة التوزيع

- التصنيع المثالى للمعدات الكهربائية (قضبان التوزيع, مجموعة المفاتيح الكهربائية).

طرق تخفيض المجالات المغناطيسية المنبعثة من المحطات الفرعية

يمكن تخفيض المجالات المغناطيسية من مكونات المحطات الفرعية, لوحة توزيع الجهد المنخفض و لوحة توزيع الجهد المتوسط و محول التوزيع, بأتباع و تطبيق المقاييس الموضحة بجدول (1-5) و ذلك عند أنشاء محطات فرعية جديدة أو بالمحطات الفرعية القائمة طبقاً لظروف و حالة كل محطة.

أمثلة لطرق تخفيض المجالات المغناطيسية المنبعثة من المحطات الفرعية:

1-زيادة المسافة بين القضبان (bus bars) و سقف حجرة المحولات:

تحتوى اللوحة الحلقية للجهد المتوسط على قضبان توزيع جهد متوسط , لذا يجب ألا يتعدى أقصى أرتفاع للوحة الجهد المتوسط عن 1.6 متر, يوضح شكل (5-11) حجرة محولات تحتوى على أرتفاع كل من اللوحة الحلقية للجهد المتوسط و لوحة الجهد المنخفض , وعموما فإن زيادة المسافة بين اللوحة الحلقية للجهد المتوسط و سقف غرفة المحولات (هذا السقف هو أرضية حجرة أعلى غرفة المحولات)يؤدى إلى إنخفاض شدة المجال المغناطيسى فى الحجرة أعلى غرفة المحولات.

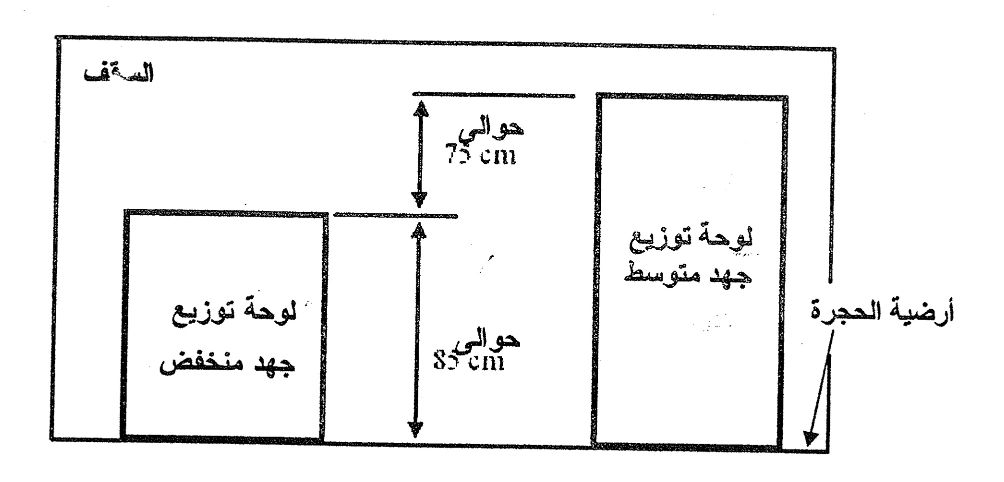
2-إستخدام محولات التوزيع المصممة بحيث تكون مخارج الجهد المنخفض و المتوسط فى أسفل المحول (يطلق على هذه المحولات بمحولات المجالات المغناطيسية EMF transformers) :

يوضح شكل (5-12) هذا النوع من المحولات و يلاحظ فيه أن أطراف مخارج المحول (output terminals) مصممة أسفل المحول.

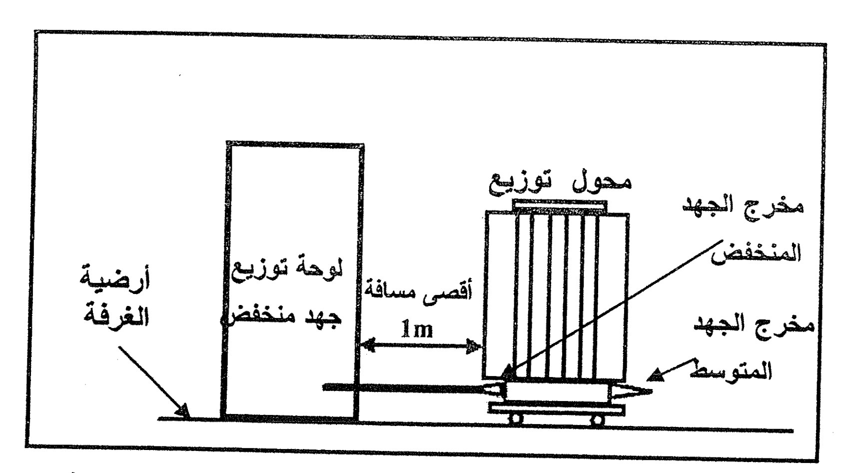
جدول (1-5) أنواع مقاييس تخفيض المجالات المغناطيسية المنبعثة من المحطات الفرعية

نوع المقياس	الوصف	أمثلة
مقياس (أ)	منع حدوث أنبعاث للمجال المغناطيسى (بأستخدام أتزان تأثير الأطوار الثلاثة)	شكل (5-14)
مقياس (ب)	الحفاظ على أن تكون المسافة بين مصدر أنبعاث المجال المغناطيسى و المكان المتأثر بالمجال , بطول كافى بقدر الأمكان.	شكل (5-11) شكل(5-12) شكل (5-13) شكل (5-14) شكل(5-15)
مقياس (ج)	الحفاظ على أن تكون شدة التيارات المارة فى الإنشاءات الكهربائية و المسببة لأنبعاث المجالات المغناطيسية , أقل ما يمكن	شكل (5-16) شكل(5-17)
مقياس (د)	العمل على أن يكون الطول الفعال للموصلات, المزودة بالطاقة, و المسببة لأنبعاث المجالات المغناطيسية , أقل ما يمكن	شكل(5-12) شكل(5-17) شكل(5-18)

يجب أن تركب الموصلات الحاملة للتيارات على أبعد مسافة مناسبة من سطح الغرفة (كما ذكر فى المثال السابق). كذلك يجب أن تكون التوصيلات الحاملة للتيارات بين المكونات (فى هذه الحالة هى التوصيلات بين لوحة توزيع الجهد المنخفض و أطراف مخارج الجهد المنخفض لمحول التوزيع) أقصر ما يمكن.هذا يفسر لماذا يجب وضع مكونات النظام بالقرب من بعضها البعض, و أن تركب وحدات مخرج الجهد المنخفض للمحولات منخفضة المجالات المغناطيسية بالقرب من قاعدة المحول و التى تكون أفضل من حالة التركيب التقليدى أعلى المحول.



شكل (11-5) حجرة محولات توضح إرتفاع لوحتى التوزيع
للجهد المتوسط و المنخفض



شكل (12-5) محول توزيع من النوع منخفض المجالات المغناطيسية

3-تقليل المسافة الرابطة بين مخرج الجهد المنخفض للمحول و لوحة توزيع الجهد المنخفض

فى حالة عدم توافر محولات منخفضة المجالات المغناطيسية , عندئذ يجب مراعاة أن تكون المسافة بين موضع محول التوزيع و لوحة توزيع الجهد المنخفض أقل ما يمكن. يوضح شكل (13-5) أن أقصى مسافة بين جسم المحول و لوحة توزيع الجهد المنخفض تكون متر واحد.

4-ترتيب موصلات الجهد المنخفض بحيث تلاشى المجالات المغناطيسية بعضها البعض:

يتم جدل أو أنحناء موصلات الجهد المنخفض المنفصلة, كما فى شكل (14-5) و فى هذه الحالة يجب أن تكون الموصلات عبارة عن قضبان توزيع منفصلة حتى يمكن التحكم فى الأنحناء و الجدل مع الحفاظ على المسافات المسموحة بين كل طور و الآخر.

5-ترتيب قضبان التوزيع ، ثلاثية الأطوار، للحصول على أقل مسافة بينهم:

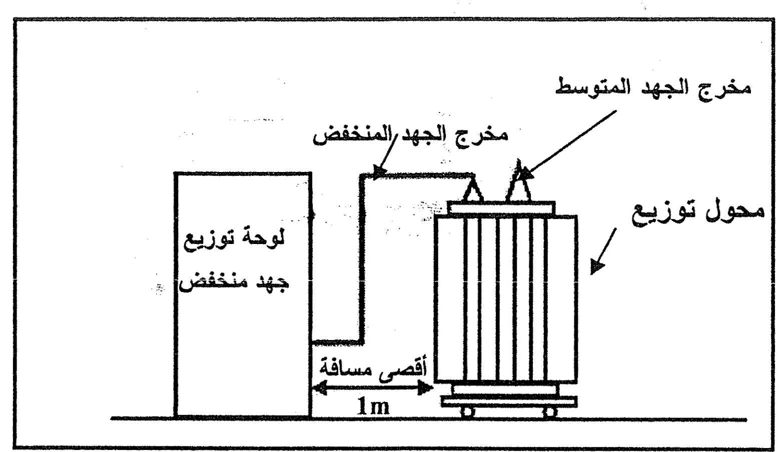
يمكن الحد من المجالات المغناطيسية الناتجة بالأنبعاث عن طريق تعديل أو تحسين ترتيب أماكن قضبان التوزيع الرئيسية- ثلاثية الأطوار- الخاصة بلوحة توزيع الجهد المنخفض.

و يمكن الحصول على أفضل تأثير عن طريق وضع القضبان كما فى شكل (15-5)أ , ثم يتم تنظيمهم بطريقة الترتيب التعاقبى (staggered way).

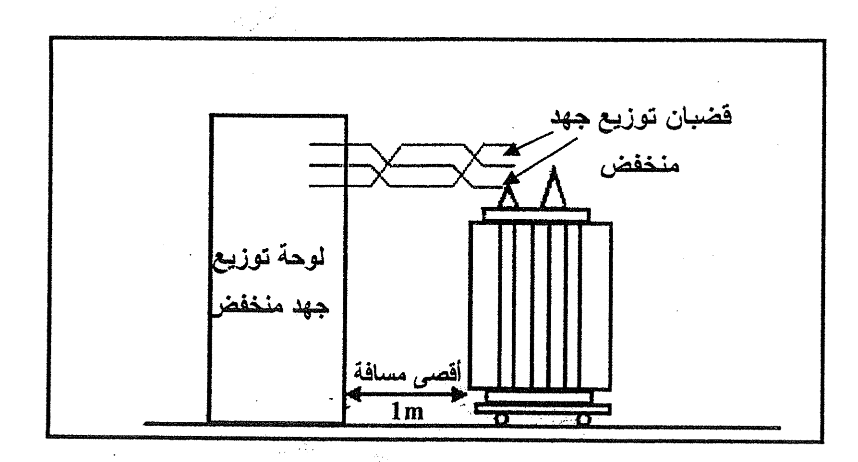
كذلك يمكن الحصول على تأثير مناسب عن طريق ترتيب قضبان التوزيع بحيث يتم الحصول على أقل مسافة بين القضبان الثلاثة كما فى شكل (15-5)ب.

6-الترتيب المتماثل لأوضاع مغذيات الخروج حول مصدر التغذية بلوحة توزيع الجهد المنخفض:

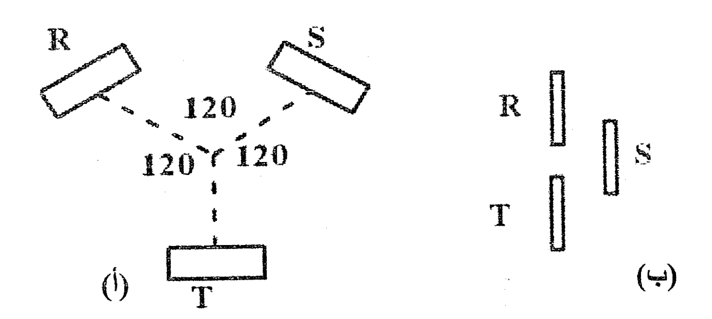
يوضح شكل (16-5) لوحة توزيع جهد منخفض تحتوى على مصدر تغذية و عدد 8 مغذيات خروج ، تم ترتيبهم بالتماثل أربعة مغذيات على الجانب الأيمن لمصدر



شكل (13-5) الحفاظ على أن تكون المسافة بين مخرج الجهد المنخفض للمحول و لوحة توزيع الجهد المنخفض بحد أقصى 1 متر



شكل (14-5) جدل أو أنحناء قضبان توزيع الجهد المنخفض



شكل (5-15) ترتيب قضبان التوزيع للحصول
على أقل مسافة بينهم

التغذية و أربعة مغذيات على الجانب الأيسر. هذا التشكيل يعمل على توزيع التيارات بالتساوى على قطاعى قضبان التوزيع، و بحيث تكون توزيعات تيارات الأحمال متساوية فى كل مغذى خروج . و بذلك يكون الجزء من قضبان التوزيع الحامل لأعلى تيار (400A) بطول قصير و بالتالى ستنخفض المجالات المغناطيسية المنبعثة.

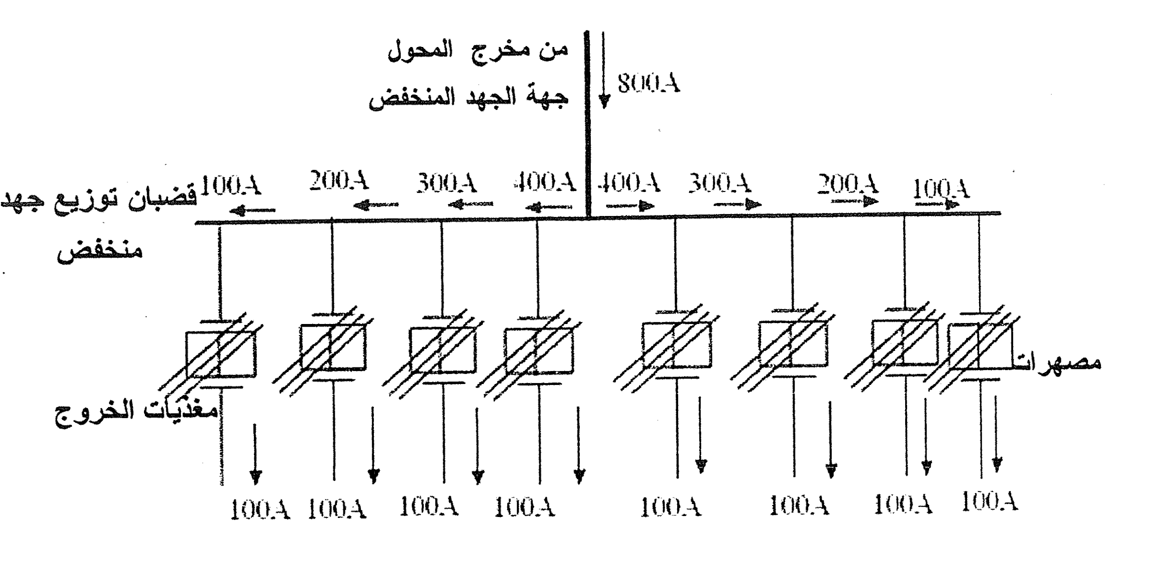
7- ترتيب مغذيات الخروج الأكبر حمل بجوار مصدر التغذية مباشرة بلوحة توزيع الجهد المنخفض:

يوضح شكل (17-5) لوحة توزيع جهد منخفض، تم ترتيب مغذيات الخروج ذات الأحمال (250A) على جانبى مصدر التغذية، ثم ترتيب المغذيات الأقل حمل (100A) ثم المغذيات الأحتياطية،.......و بذلك أمكن تقصير طول الجزء من قضبان التوزيع الحامل لأعلى تيار (350A) و بالتالى تخفيض المجالات المغناطيسية المنبعثة.

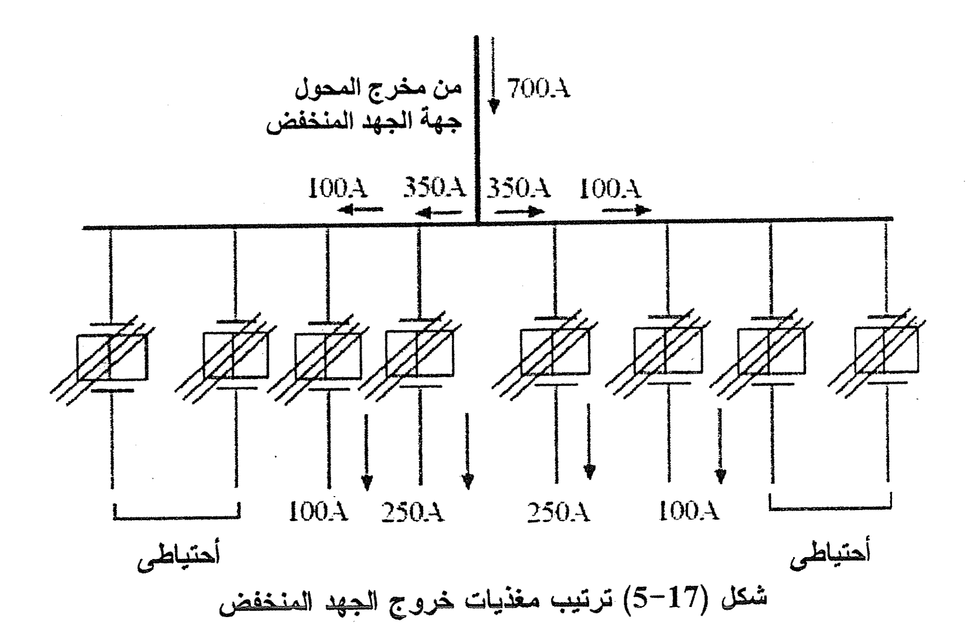
8- الترتيب المثالى لمكونات لوحة توزيع الجهد المتوسط:

تتكون لوحة توزيع الجهد المتوسط من قضبان توزيع متصل بها سكاكين الفصل على حمل (load break switches) و التى تعتبر مغذيات دخول ، و متصل بها أيضاً سكاكين لتغذية محولات التوزيع بالجهد المتوسط. يوضح شكل (18-5)أ الترتيب التقليدى لمكونات لوحة توزيع جهد متوسط و فى الشكل يبين الخط المتقطع سريان التيار من كابل التغذية مروراً بجزء من قضبان التوزيع ثم إلى كابل الربط.

بينما يوضح شكل (18-5)ب الترتيب المثالى لمكونات لوحة توزيع الجهد المتوسط و فى الشكل نجد أن الخط المتقطع لسريان التيار يمر فى جزء قصير من القضبان و يلاحظ أن التيارين I_2&I_1 متجاورين و فى إتجاهين متعاكسين و هذا يؤدى إلى إنخفاض المجالات المغناطيسية المنبعثة.



شكل (16-5) ترتيب مغذيات خروج الجهد المنخفض



شكل (17-5) ترتيب مغذيات خروج الجهد المنخفض

9-إعادة ترتيب أطوار الموصلات (phasing conductors):

يكون للمجال المغناطيسى خاصيتى الأتجاه المكانى (Spatial vector) و المتجه الدورانى الزمنى (temporal phasor)[1] . إلى حد كبير فإن ترتيب الأطوار للموصلات المتعددة المتصلة على التوالى ، يمكن أن يؤدى إلى تخفيض محسوس فى المجالات المغناطيسية المنبعثة.

يتم تخفيض المجالات المغناطيسية أساساً عن طريق إلغاء تأثير المجالات المغناطيسية الناتجة من التيارات المارة بالموصلات المتصلة على التوازى. يؤخذ بهذه التوصية فقط فى حالة توافر الشرطين الآتيين:

- وجود موصلات متعددة لكل طور.
- وجود عدم إتزان بالأطوار بنسبة أقل من 10%

فى هذه الحالة لا يحتاج إلى تكلفة إضافية لتطبيق هذه التوصية. يوضح شكل (19-5)أ مثال حقيقى لموصلات تحتاج لإعادة ترتيب الأطوار.

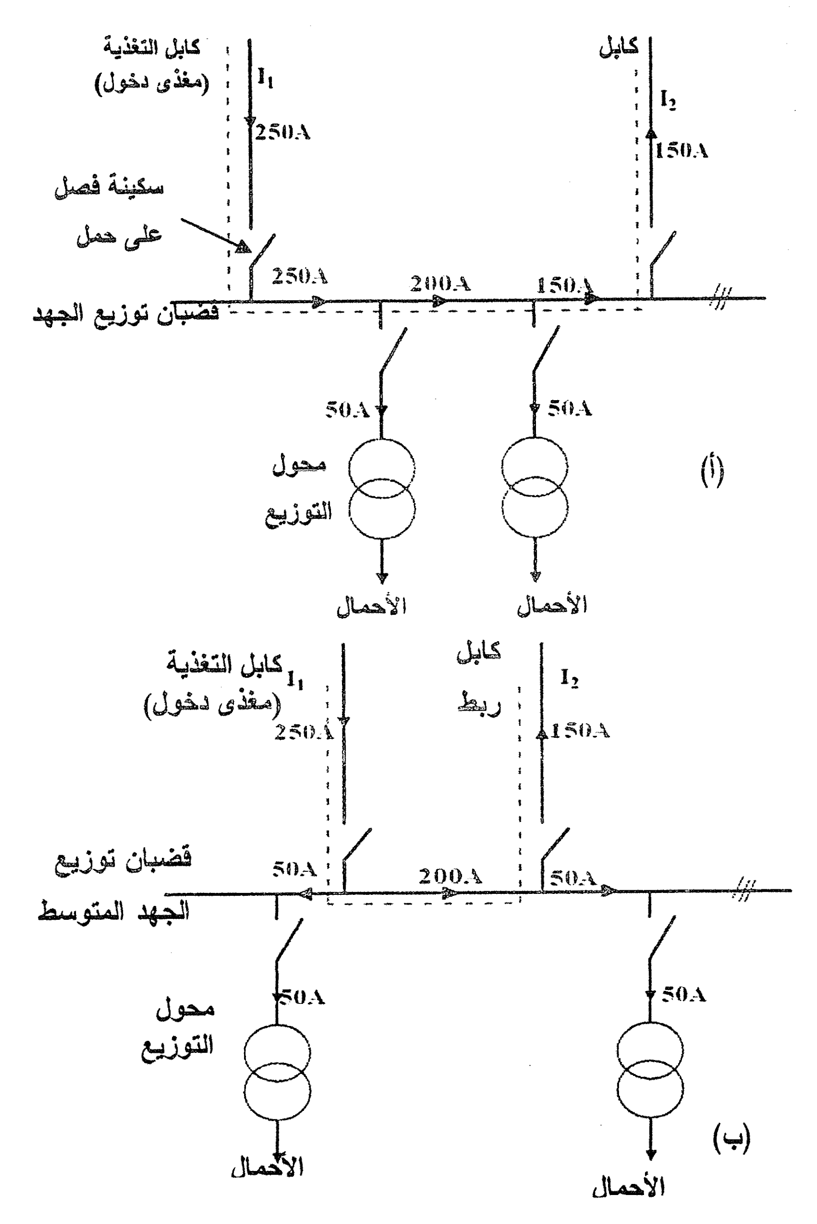
فى هذا المثال، يوجد أسفل أرضية من البلاط الخرسانى دائرتين ، ثلاثية الأطوار ، متصلة على التوازى محملة بتيار قيمته 600 أمبير.

بينما يوضح شكل (19-5)ب الترتيب المقترح للأطوار و يوضح جدول (2-5) نتائج قياس المجالات المغناطيسية فى حالتى قبل و بعد ترتيب أطوار الموصلات.

فى حالة الترتيب المقترح ، شكل (19-5)ب ، فإن المجال المنبعث من الدائرتين غالباً ما يكون فى إتجاهين متعاكسين. وبالتالى فإن المجال الكلى الناتج يكون صغيراً جداً نتيجة الحذف بين المجالين. يمكن أن ينخفض المجال المغناطيسى فقط بنسبة15% من مستوى المجال الطبيعى المقاس عند إرتفاع متر واحد فوق بلاط الأرضية.

---

(1) المتجه الدورانى الزمنى: متجه دورانى يستخدم لتمثيل كمية متغيرة على نحو جيبى، و طوله يمثل مقدار الكمية، على حين تمثل زاوية دوارنه ، التى يصنعها مع المحور (س)، الطور فى أيه لحظة



شكل(18-5) أ- الترتيب التقليدى لمكونات لوحة توزيع جهد متوسط متصلة بمحولين توزيع

ب- الترتيب المثالى لتخفيض المجال المغناطيسى

جدول (2-5) مقارنة نتائج قياسات المجال فى حالتى الشكل (5-19)

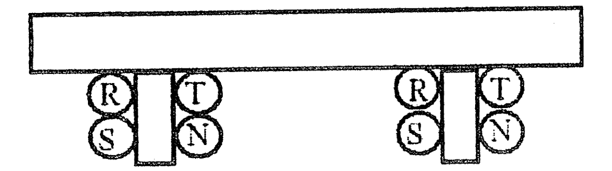
المسافة فوق بلاط الأرضية (m)	المجال المغناطيسى الناتج من شكل (5-19)أ (μT)	المجال المغناطيسى الناتج من شكل (5-19)ب (μT)
0.5	20.7	15.1
1.0	13.6	2.0

كذلك يمكن تخفيض المجالات المغناطيسية بإعادة ترتيب أطوار موصلات الجهد المنخفض و التخلص من تيارات الأرضى ، و ذلك من خلال تلاشى المجالات المغناطيسية المنبعثة فى الإتجاهات المعاكسة. عند ظهور تيارات فى مسارات التعادل فيجب العمل على تخفيض هذه التيارات و ذلك بغرض تخفيض المجالات المنبعثة.

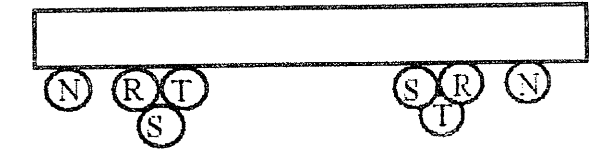
يوضح شكل (5-20) ترتيب أطوار موصلات جهد منخفض بغرض تخفيض المجالات المغناطيسية المنبعثة.

10-الشد بأحكام لكابلات خروج الجهد المنخفض للمحول

للوصول إلى أقل تأثير ممكن لتيار الجهد المنخفض للمحول، يتم الشد بأحكام للكابلات المنفصلة الخارجة من جانب الجهد المنخفض للمحول. يوضح شكل (5-21) محول قدرة 630 ك.ف.أ منخفض المغناطيسية. يحتوى على غطاء لكابلات الجهد المنخفض على شكل متداخل، بينما يوضح شكل (5-22) كابلات الجهد المنخفض على شكل شريط ، و ذلك بغرض تقليل المسافة بين الأطوار.

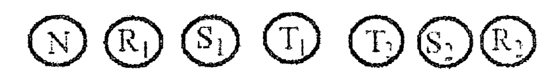


(أ) الترتيب الأصلى



(ب) الترتيب المقترح

شكل (5-19) ترتيبات كابلات ثلاثية الأطوار



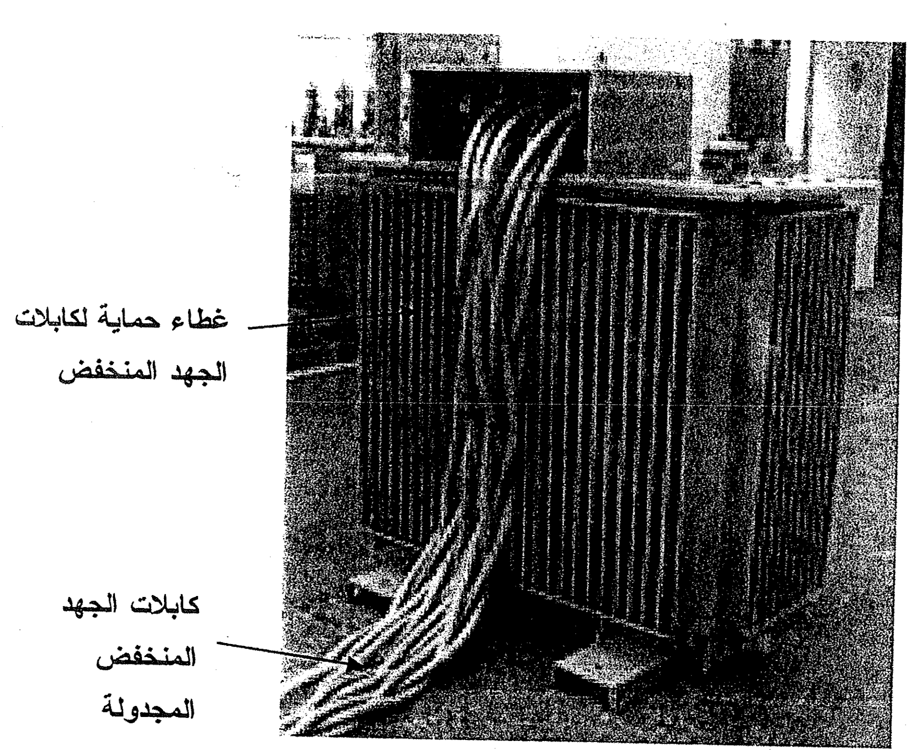
(أ) قبل ترتيب الأطوار



N R_2 S_2 T_2

(ب) بعد ترتيب الأطوار

شكل (5-20) ترتيبات موصلات جهد منخفض



شكل (21-5) محول قدرة 630 ك.ف. أ منخفض المجالات المغناطيسية
كابلات الجهد المنخفض مفرد و مرتبة على شكل مجدول

غطاء حماية لمخارج
الجهد المنخفض

المحول

كابلات الجهد
المنخفض

شكل (22-5) محول قدرة 630 ك.ف.أ منخفض المجالات المغناطيسية،
كابلات الجهد المنخفض مفرد و مرتبة على شكل شريط

محول التوزيع منخفض المجالات المغناطيسية
(EMF Distribution transformer)

من بعض خصائص محول التوزيع منخفض المجالات المغناطيسية:

1-المسارات الرأسية للفيض الشارد بأنفاذية عالية

(High-permeability stray-flux pathways vertical)

حيث يدور الفيض الشارد الموجود (و هو الفيض غير النافع الذى يسلك طريقا غير مرغوب فيه فى محول التوزيع) حول جسم الخزان من طور إلى آخر رأسياً.

2-المسارات الأفقية للفيض الشارد بأنفاذية عالية

(High-permeability stray-flux pathways horizontal)

يتم تعويض الفيض الشارد للملفات عن طريق عبور حزم الفيض الشارد فى جميع الأطوار الثلاثة، (وهو ما يعرف بالحجب بأستخدام ربط الفك[1] **Interlined yoke-shielding)** و الموضحة فى شكل (23-5).

3-تصميم الفك المسطح **(Flat yoke design)**

نتيجة للمسار القصير للمغناطيسية ، فإن جزء الفيض الشارد للملف يتجه مباشرة إلى الفك ، يوضح شكل (24-5) مقارنة بين تصميم الفك المسطح و التصميم التقليدى.

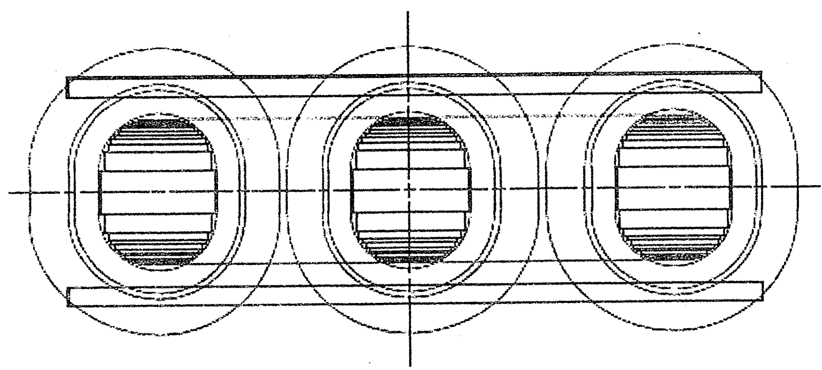
4- تماثل مواضع وصلات الجهد المنخفض المتوازية

(Symmetrical point parallel LV-bushings)

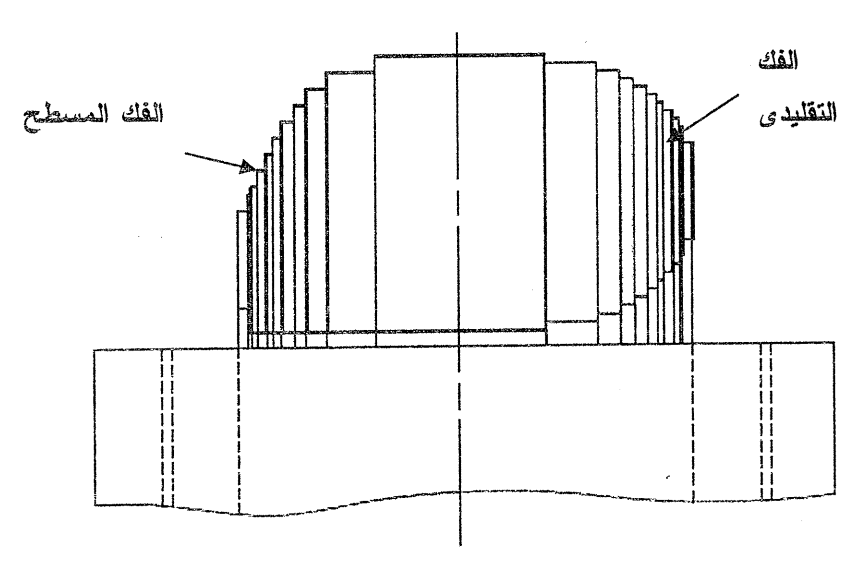
يوجد ببعض محولات التوزيع مخرجين لوصلات الجهد المنخفض لكل طور، وذلك بغرض تقسيم التيار بالتساوى فى مسارين متماثلين للوصول إلى أنبعاثات منخفضة . يوضح شكل (25-5) هذا الترتيب.

---

(1) الفك: جزء من مادة فرومغناطيسية غير محاط بالملفات، و يكون جزءاً ثابتاً من الدائرة المغناطيسية، و يكمل توصيل قلوب المغناطيسيات الكهربائية بالمحول بعضها ببعض



شكل (5-23) حجب بإستخدام فك لقلب محول
ثلاثى الأطوار



شكل (5-24) مقارنة بين الفك المسطح و الفك التقليدى

5-غطاء حماية الجهد المنخفض (Low voltage protection cover)

من أهم المكونات الفعالة و المؤثرة فى تصميم المحول منخفض المجالات المغناطيسية هو غطاء حماية الجهد المنخفض، يوضح شكل (5-26) غطاء حماية الجهد المنخفض لمحول توزيع قدرة 1000 ك.ف.أ.

مثال (1):

محطات فرعية ثانوية مدمجة ذى المجالات المغناطيسية المنخفضة

- البيانات الفنية:

  الجهد المقنن:12 ك.ف أو 24 ك.ف

  قدرة المحول : 800 ك.ف.أ

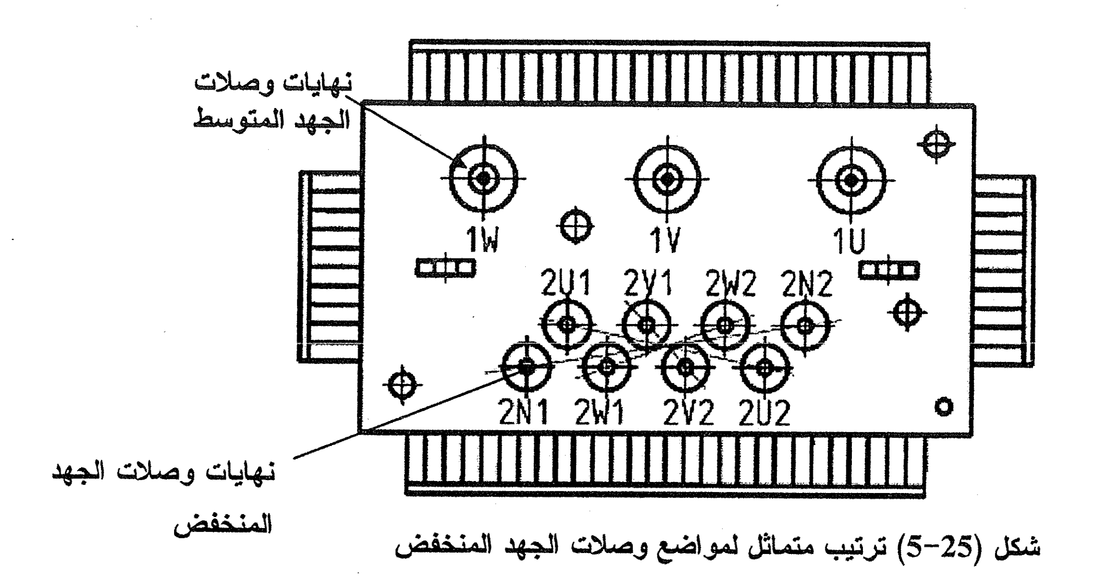
- خصائص المحطة:
  - سقف و حوائط الغطاء مصنوعة من ألواح الألومنيوم الملحومة
  - الأبواب مصنوعة من الألومنيوم
  - لوحة الجهد المتوسط من النوع المعزول بالغاز (gas-insulated)

يوضح شكل (5-27) الشكل العام للمحطة الفرعية

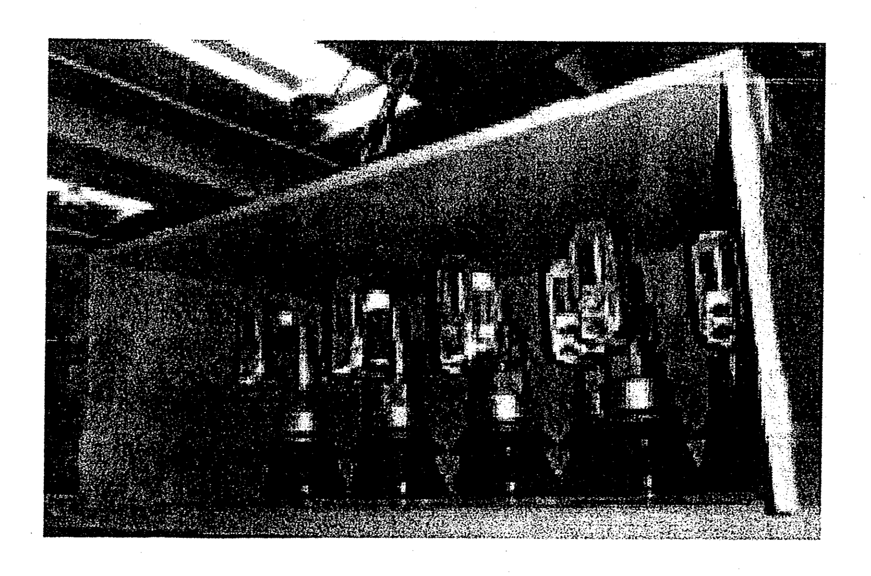
و يوضح شكل (5-28) موضع المحطة الفرعية من المنطقة المحيطة التى سيتم قياس المجالات المغناطيسية بها.

تمت قياسات المجالات المغناطيسية على إرتفاع متر واحد فوق الأرض فى حالتى وجود و عدم وجود الغطاء الألومنيوم. يبين شكل (5-29) نتائج قياسات المجالات المغناطيسية بوحدة ميكروتسلا فى الحالتين........

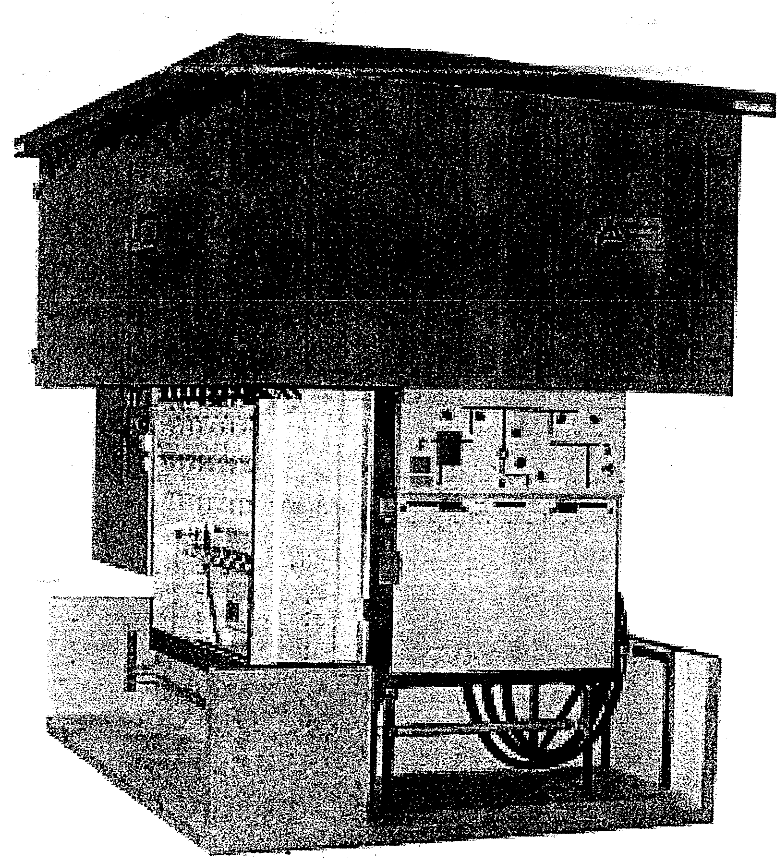
و توضح النتائج الإنخفاض الواضح فى قيمة المجالات المغناطيسية عند إستخدام الغطاء الألومنيوم فوق مكونات المحطة الفرعية.



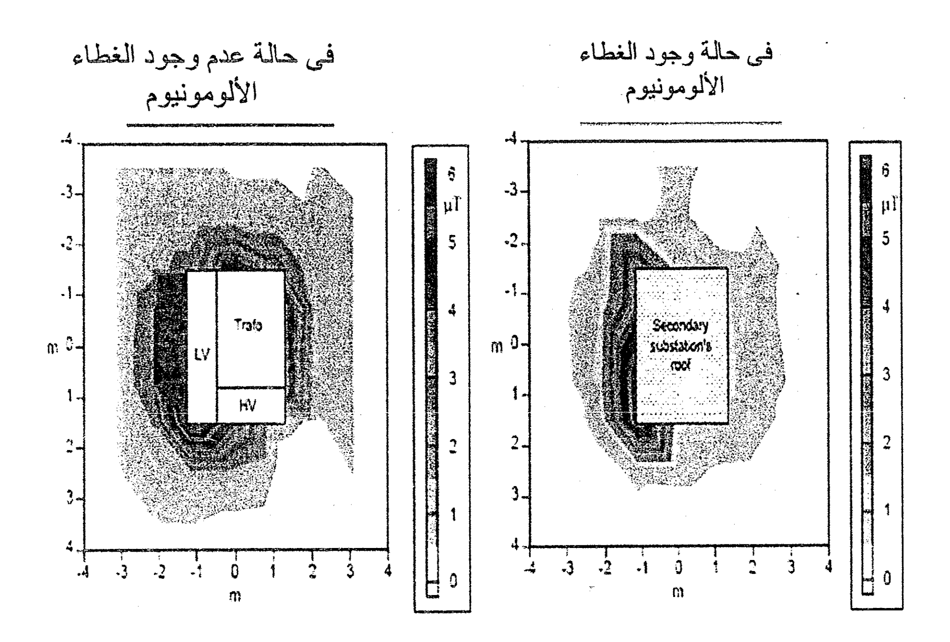
شكل (5-25) ترتيب متماثل لمواضع وصلات الجهد المنخفض



شكل (5-26) غطاء حماية الجهد المنخفض لمحول 1000 ك.ف.أ



شكل (27-5) الشكل العام للمحطة الفرعية



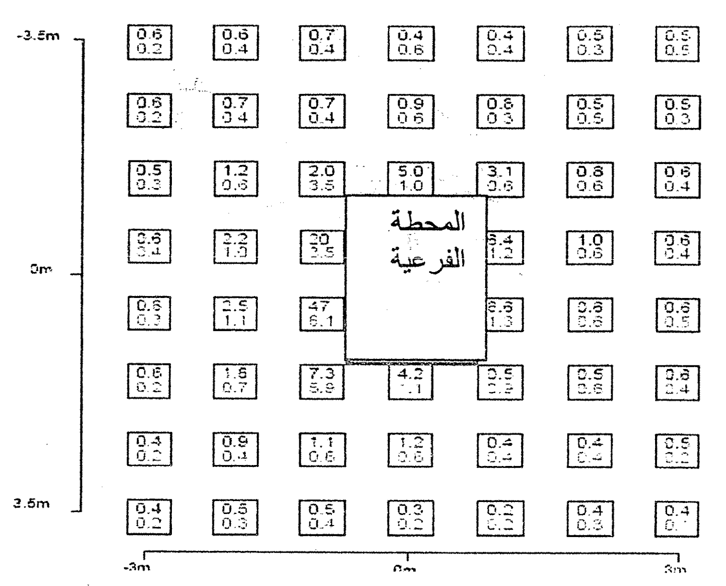
شكل (28-5) موضع المحطة الفرعية من المنطقة المحيطة

و نتائج قياسات المجالات المغناطيسية

LV= لوحة الجهد المنخفض

HV= لوحة الجهد المتوسط

Trafo=محـــول التـــوزيـــع



شكل (29-5) نتائج قياسات المجالات المغناطيسية

- **القراءات العــلوية بكل مربع: فى حالة عدم وجود الغطاء الألومنيوم**
- **القراءات السفلية بكل مربع: فى حالة وجود الغطاء الألــومونيوم**

مثال(2):

محطة فرعية ثانوية تقليدية

- البيانات الفنية:

الجهد المقنن:10/0.4 ك.ف

الحمل المقنن: 1000 أمبير (جهة الجهد المنخفض)

قدرة المحول : 630 ك.ف.أ

يوضح شكل (5-30) موقع محول التوزيع و لوحة توزيع الجهد المنخفض و قسمت غرفة المحولات لتحديد نقاط قياس المجالات المغناطيسية و لقد تمت القياسات على إرتفاعات 3.5& 3& 2& 1 متر من أرضية المحطة.و يوضح جدول (5-3) نتائج قياسات المجالات المغناطيسية على إرتفاع 3.5 متر من أرضية المحطة و يتضح من الجدول أن أعلى النتائج كانت عند الموضع 7/d و هو الموضع أعلى لوحة توزيع الجهد المنخفض. و يبين جدول (5-4) أقصى قيمة للمجالات المغناطيسية على إرتفاعات مختلفة.

	a	b	c	d	e	f	g
7	+	+	+	distribution	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	[transformer]	+	+	+
3	+	+	+	transfomer +	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+	+
1	+	+	+	+	+	+	+

لوحة توزيع جهد منخفض تقليدية

محول توزيع تقليدى

شكل (5-30) نقاط قياس المجالات المغناطيسية المنبعثة من لوحة توزيع و محول توزيع تقليدى (مثال 2)

جدول(3-5) توزيع المجالات المغناطيسية للمحطة الفرعية بشكل (30-6) على إرتفاع 3.5 متر من أرضية المحطة (بوحدة ميكروتسلا)

	a	b	c	d	e	f	g
7	14.1	30.4	60.5	98.0	60.1	30.7	15.1
6	25.4	49.1	88.2	90.0	87.9	48.9	25.4
5	16.7	30.2	57.9	87.5	58.1	30.1	17.3
4	11.2	25.7	58.4	88.5	59.2	28.4	12.1
3	8.7	22.1	46.1	58.7	45.9	22.7	9.5
2	4.0	14.8	30.7	31.5	30.4	11.2	4.3
1	2.5	3.2	7.9	18.5	8.1	3.2	2.1

جدول (4-5) أقصى قيم للمجالات المغناطيســية على إرتفاعــات مختلفة من أرضية المحطة (مثال 2)

أقصى قيمة للمجال (μT)	الأرتفاع (m)
760.5	1.0
387.9	2.0
170.4	3.0
98.0	3.5

مثال(3)

محطة فرعية ثانوية تحتوى على:

- لوحة توزيع جهد منخفض منخفضة المجالات المغناطيسية
- محول توزيع تقليدى (نفس البيانات الفنية بمثال (2))

يوضح شكل (5-31) موقع محول التوزيع و لوحة توزيع الجهد المنخفض و نقاط قياس المجالات المغناطيسية .أعطت نتائج القياسات أن أقصى قيم للمجالات المغناطيسيى حدثت عند الموضع **4/d**

و يوضح جدول (5-5) هذه القيم على أرتفاعات **3.5& 3 & 2 & 1** متر من أرضية المحطة

	a	b	c	d	e	f	g
7	+	+	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+		+	+	+
3	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+	+
1	+	+	+	+	+	+	+

EMIF distr.

transfomer

لوحة توزيع جهد منخفض منخفضة المجالات المغناطيسية

محول توزيع تقليدى

شكل (5-31) نقاط قياس المجالات المغناطيسية المنبعثة من لوحة توزيع منخفضة المجالات المغناطيسية و محول توزيع تقليدى (مثال 3)

جدول (5-5) أقصى قيم مقاسة للمجالات المغناطيسية على إرتفاعات مختلفة من أرضية المحطة (مثال3) عند الموضع 4/d

أقصى قيمة للمجال (μT)	الأرتفاع (m)
94.83	1.0
45.38	2.0
2.40	3.0
1.86	3.5

مثال (4):

محطة فرعية ثانوية تحتوى على:

* لوحة توزيع جهد منخفض منخفضة المجالات المغناطيسية

* محول توزيع منخفض المجالات المغناطيسية (نفس البيانات الفنية بمثال (2))

يوضح شكل (5-32) موقع محول التوزيع و لوحة توزيع الجهد المنخفض و نقاط قياس المجالات المغناطيسية. أعطت نتائج القياسات أن أقصى قيم للمجالات المغناطيسية حدثت عند الموضع 4/d.

و يوضح جدول (5-6) هذه القيم على إرتفاعات 3.5& 3 & 2 & 1 متر من أرضية المحطة.

	a	b	c	d	e	f	g
7	+	+	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+		+	+	+
3	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+	+
1	+	+	+	+	+	+	+

EMF distr.

EMF-transf

لوحة توزيع جهد منخفض منخفضة المجالات المغناطيسية

محول توزيع منخفض المجالات المغناطيسية

شكل (32-5) نقاط قياس المجالات المغناطيسية المنبعثة من لوحة توزيع و محول توزيع منخفضا المجالات المغناطيسية (مثال4)

جدول (6-5) أقصى قيم مقاسة للمجالات المغناطيسية على إرتفاعات مختلفة من أرضية المحطة (مثال4) عند الموضع 4/d

أقصى قيمة للمجال (μT)	الأرتفاع (m)
42.89	1.0
17.92	2.0
1.96	3.0
0.98	3.5

يوضح جدول (7-5) مقارنة بين نتائج الأمثلة (2) & (3) & (4) كذلك مقارنة بين نسبة الإنخفاض الحادث فى المجال المغناطيسى عند تطبيق المثالين (3) & (4) منسوبا إلى نتائج المثال (2)

جدول (7-5) مقارنة بين نسبة الإنخفاض الحادث فى المجال المغناطيسى عند تطبيــق المثالين (3) & (4)

الإرتفاع (m)	مثال (2)	مثال (3)		مثال (4)	
	أقصى قيمة للمجال المغناطيسى (µT)	أقصى قيمة للمجال المغناطيسى (µT)	نسبة الإنخفاض فى المجال المغناطيسى (%)	أقصى قيمة للمجال المغناطيسى (µT)	نسبة الإنخفاض فى المجال المغناطيسى (%)
1.0	460.5	94.83	87.53*	42.89	94.36
2.0	387.9	45.38	88.30	17.92	95.38
3.0	170.4	4.40	97.42	1.96	98.85
3.5	98.0	1.86	98.10	0.98	99.0

*نسبة الإنخفاض الحادث فى المجال المغناطيسى منسوباً إلى قيم مثال (2)

$$\left(\frac{760.5-94.83}{760.5}\times 100 = 87.53\%\right)$$

مثال(5)

تم إجراء قياسات للمجال المغناطيسى لمحولى توزيع قدرة 630 ك.ف.أ أحدهما تقليدى و الآخر منخفض المجالات المغناطيسية [10] . يوضح شكل (33-6) مقارنة بين نتائج القياسات لمنحنيات خصائص خط القيمة 1μT للأوضاع الثلاثة: الأمامية و الجانبية و المسقط الأفقى و يلخص جدول (8-5) ملخص للنتائج

جدول (8-5) ملخص نتائج شكل (33-5)

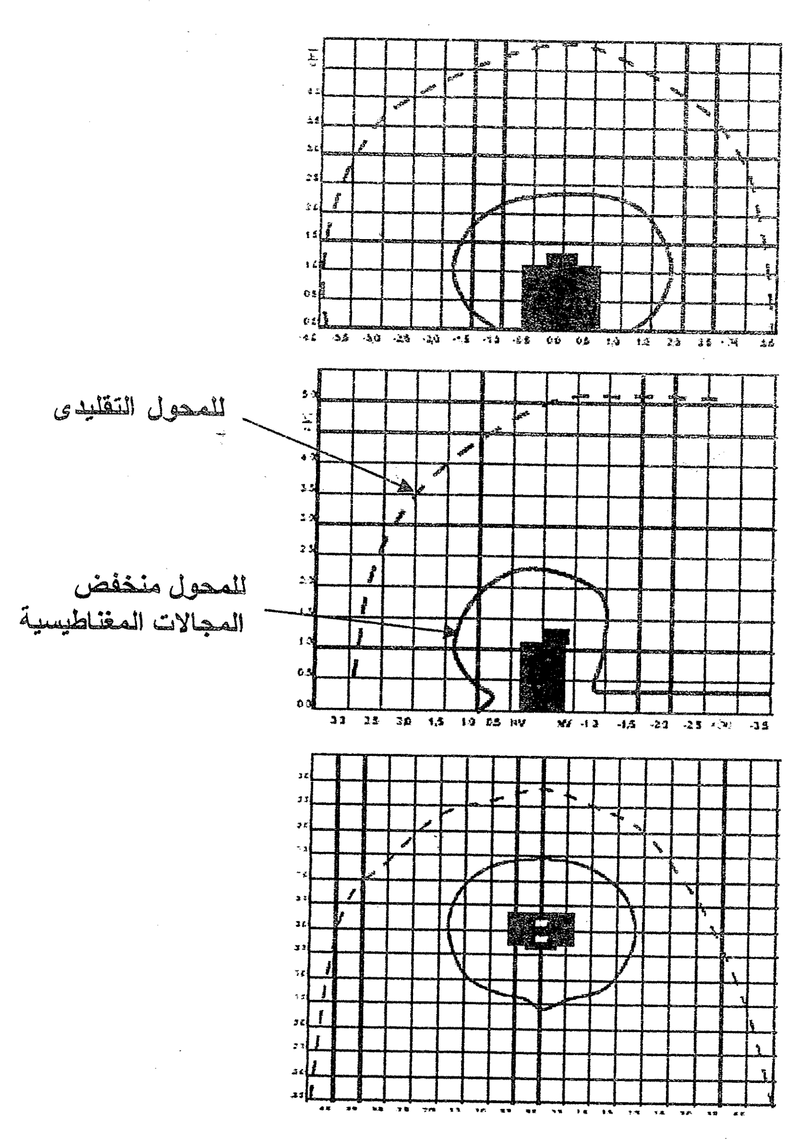
وضع القياس	فى حالة المحول التقليدى (m)	فى حالة المحول منخفض المجالات المغناطيسية (m)
الواجهة الأمامية	4.5	2.4
الواجهة الجانبية	5.0	2.4
المسقط الأفقى	2.8	1.5

مستوى المجال المغناطيسى الصادر من المحطات الفرعية

كما ذكر سابقاً ، تعتمد قيمة مستوى المجال المغناطيسى الصادر من مصدر ما (محول - خط هوائى-جهاز كهربى-....) على بعد المسافة من المصدر إلى موضع الشخص المتعرض للمجال المغناطيسى، و تبعاً لنوع المصدر يمكن أن تكون العلاقة متناسبة مع: $1/r$ أو $1/r^2$ أو $1/r^3$

فمثلاً المحول الذى يصدر منه مجال مقاس قيمته 100mG على بعد متر واحد فإنه سوف يصدر فقط 0.5mG من نفس المصدر و لكن على بعد 6 متر.

يوضح جدول (9-5) أمثلة لمستوى المجالات المغناطيسية الصادرة من محطة محولات فرعية و محول توزيع و قضبان توزيع جهد منخفض و ذلك على مسافات مختلفة.



شكل (5-33) مقارنة بين منحنيات خصائص خط 1µT لحالتى محول تقليدى و محول منخفض المجالات المغناطيسية قدرة 630 ك.ف.أ

و يبين جدول (10-5) المجال المغناطيسى الصادر من محطات فرعية و كابلات أرضية طبقا لبعد المسافة عن المصدر ، و بدلالة تيار الحمل

جدول (9-5) أمثلة لمستوى المجال المغناطيسى الصادرة من المحطات الفرعية و مكوناتها [11]

المصدر	العلاقة بين المجال المغناطيسى و المسافة (r)	المجال المغناطيسى على بعد r r بوحدة متر B بوحدة مللى جاوس	
محطة فرعية قدرة 5 م.ف.أ (5 MVA substation)	$1/r^3$	r=15 B=8	r=30 B<1.0
محول توزيع قدرة 20ك.ف.أ (20kVA Distribution transformer)	$1/r^3$	r=5 B=10	r=10 B=1.5
قضبان التوزيع جهد 480 فولت (480 Distribution bus)	$1/r^2$	r=5 B=5	r=10 B=1.3

جدول (10-5) المجال المغناطيسى الصادر من المحطات الفرعية و الكابلات [12]

المصدر	البعد عن المصدر m	التيار (amp)	المجال المغناطيسى (µT)
محطة محول توزيع معلق على برج (Distribution transformer station on mast)	2	200	≤ 6.0
محطة محول توزيع أرضية (Distribution transformer station cabled)	2	200	≤ 1.0
كابل أرضى 16kV (Cable installation 16 kV)	5	200	0.8
كابل أرضى 110kV (Cable installation 110kV)	5	500	2.0

الباب السادس

التوصيلات الكهربائية بالمبانى والمجالات الكهرومغناطيسية
Residential Wiring and EMFs

تتعرض المبانى السكنية لمجالات كهرومغناطيسية متعددة منها الطبيعية، وبعضها منبعثة من مكونات الشبكة الكهربائية المغذية للمبانى السكنية (مثل: الأبراج وغرف المحولات والأكشاك و...)، وأخرى صادرة من التوصيلات الكهربائية داخل المبانى.

يوضح شكل (6-1) المجالات المغناطيسية المنبعثة من برج كهرباء موجود بالقرب من بعض المناطق السكنية.

يوضح شكل (6-2) المجالات المغناطيسية المنبعثة داخل منزل نتيجة امدادات التوصيلات الكهربائية. وعادة تنبعث المجالات خلال المواد البلاستيكية والخشبية و... الموجودة بالمساكن والمبانى والمنشآت عموما.

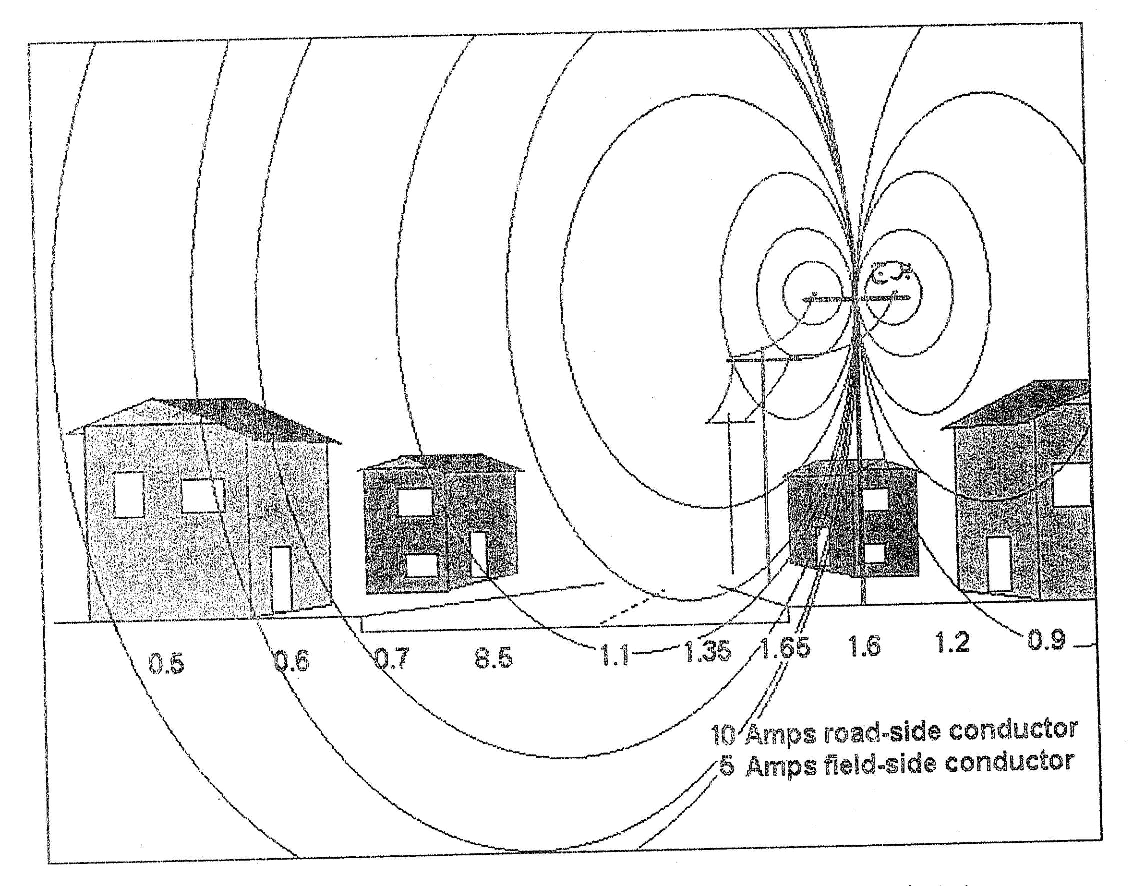
المجالات الكهربائية (Electric Fields)

تنتج المجالات الكهربائية من اختلاف الجهد بين موصلين، أحدهما يكون مؤرضا (earthed). عند وجود اختلاف جهد قيمته 230 فولت بين موصلين متوازيين على بعد متر عندئذ ينتج مجال كهربى قيمته 230 V/m وعلى ذلك يتعرض الأشخاص القريبين من أماكن وجود الجهد إلى مجالات كهربية أكبر من الموجودين على مسافات بعيدة ...

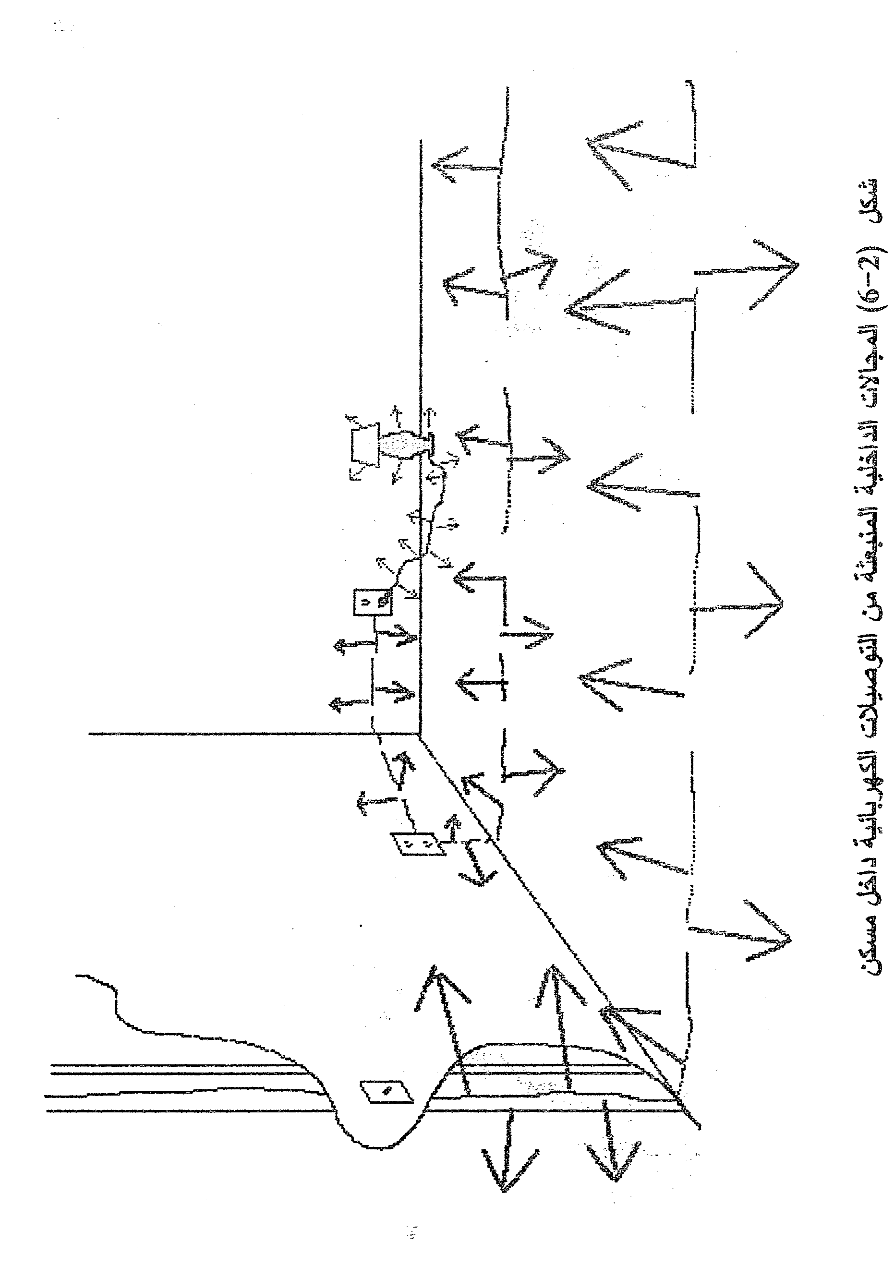
يوضح شكل (6-3) (أ) المجالات الكهربائية الصادرة من مقبس(1) ومن توصيلات الإنشاءات الكهربائية المدفونة داخل المبانى.

---

(1) مقبس: أداة لتسهيل توصيل التيار الكهربى إلى أى جهاز أو آلة كهربائية متنقلة بواسطة كابلات مرنة.



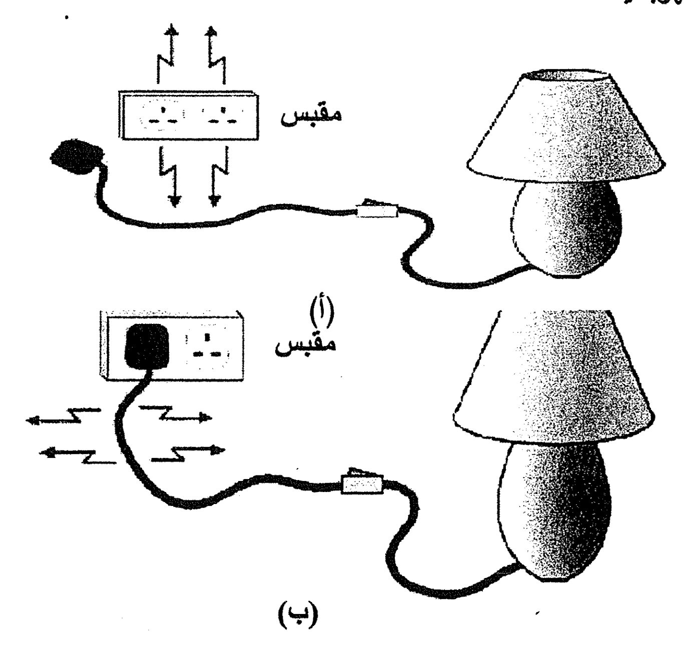
شكل (1-6) المجالات المغناطيسية خارج المبانى و المنبعثة من برج كهرباء



شكل (6-2) المجالات الداخلية المنبعثة من التوصيلات الكهربائية داخل مسكن

ويوضح شكل (3-6)(ب) المجالات الكهربائية الصادرة من كابل الأباجورة عند توصيله بالمقبس.

فى أغلب المبانى السكنية، يكون مستوى المجالات الكهربائية أقل من 10 V/m وهو الصادر من المصادر الداخلية بالمبنى والذى يكون مقبولا فى أغلب أماكن الإعاشة بالمبانى. جميع المجالات الكهربائية الموجودة داخل المبانى السكنية تكون ناتجة من التوصيلات الكهربائية الداخلية ومن الأجهزة الكهربائية، والتى تكون موجودة طالما مصدر الكهرباء موجود. ونتيجة بعد المبانى السكنية عن حق الطريق للخطوط الهوائية فإنه لا يوجد احتمال من تأثر المبانى السكنية من المجال الكهربى الصادر من الخطوط الهوائية الكهربائية.



شكل (3-6) (أ) المجالات الكهربائية الصادرة من المقبس و من توصيلات الإنشاءات الكهربائية

(ب) المجالات الكهربائية الصادرة من كابل الأباجورة عند توصيله بالمقبس

تأريض نظم التوزيع (Grounding of distribution systems)

يعرف التأريض بأنه نقطة المرجع لجهد قيمته صفر فولت، والتى عادة تتصل بالأرض. يعتبر تأريض نظام توزيع القدرة الكهربائية هاما جدا. يجب أن تحتوى أنظمة التوزيع على أراضى. إذا كان الموصل المؤرض مفتوحا فإن ذلك يمكن أن يسبب مشاكل أمان شديدة للعامة وتؤدى إلى تشغيل غير سوى للشبكة.

يجب أن تؤرض شبكة التوزيع عند المحطة الفرعية، وفى نهاية خطوط القدرة، وقبل توريد القدرة للأحمال. يتم تجهيز نقاط للتأريض من طرف التعادل للمحول لإستخدامها فى تأريض الأجهزة والمعدات. عند المحطات الفرعية، يجب تأريض جميع الأجزاء المعدنية الخارجية، شاملة المحولات، وقواطع التيار، والسور حول المحطة الفرعية. يتم توصيل الأرضى الفعلى عن طريق اتصال المعدة إلى إلكترود (electrode) التأريض (عادة قضيب من معدن النحاس) والذى يدفن فى الأرض على مسافة محددة وبمواصفات فنية قياسية.

يوجد نوعان من التأريض هما: تأريض النظام وتأريض المعدات.

أ- تأريض النظام (System grounding)

يعنى تأريض النظام أن يؤرض الموصل الحامل لرجوع التيار، أى موصل التعادل (neutral). حيث أنه الموصل المكمل لمسار رجوع التيار. فى التوصيلة الإتجاهية "نجمة" (التوصيلة Y) للنظام، عند توصيل نقطة التجميع للتوصيلة Y بالأرض عندئذ يكون الطرف الرابع، الخرج من نقطة التجميع، هو موصل التعادل. فى التوصيلة الإتجاهية "دلتا" (التوصيلة D أو Δ) فإنه لا يوجد موصل تعادل ولا يوجد تأريض. عادة تعزل موصلات تأريض النظام بمادة عازلة ذات لون أبيض أو رمادى وذلك للتمييز السهل.

ب- تأريض المعدات (Equipment grounding)

تكون الموصلات المستخدمة لهذا الغرض إما أسلاك غير معزولة (bare) أو أسلاك معزولة بمادة ذات لون معين مثل اللون الأخضر. ويجب أن تؤرض جميع المعدات الكهربائية الثابتة فى المنشآت الصناعية أو بالمبانى التجارية.

توجد ثلاثة أنواع من أنظمة التوصيلات الكهربائية للمساكن (residential wiring):

- توصيلات مقبض وأنبوب (Knob – and – Tube wiring)
- توصيلات بأسلاك معزولة وغير مسلحة (Non-Metallic insulated)
- توصيلات بأسلاك معزولة ومسلحة (Metal Clad or Armored)

فيما يلى توضيح مختصر لكل نوع:

1- توصيلات مقبض وأنبوب:

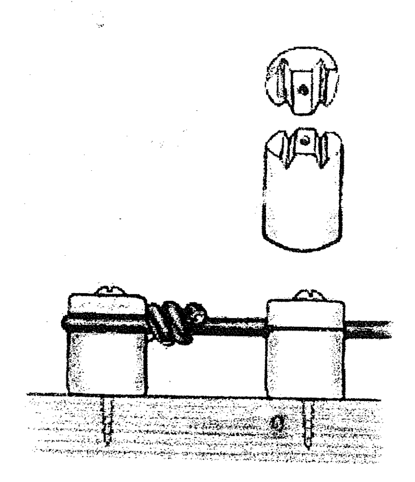
هذه النوعية من التوصيلات كانت شائعة الإستخدام حتى الأربعينات ثم قل إستخدامها فى أواخر الخمسينات. اشتق لقب هذا النوع من توصيلات المقابض السيراميك (ceramic knobs) والمستخدمة لعزل وأمان التوصيلات الممدودة، ومن أنابيب السيراميك (ceramic tubes) المستخدمة لحماية الأسلاك عند مرورها خلال مواد كاشطة (مثل أخشاب العارضة التى تدعم سقفا أو أرضية، والخشبة القائمة التى تسمر عليها الألواح المستخدمة فى تشييد جدران المنازل ...)

يوضح شكل (6-4) صورة مقبض وأنبوب

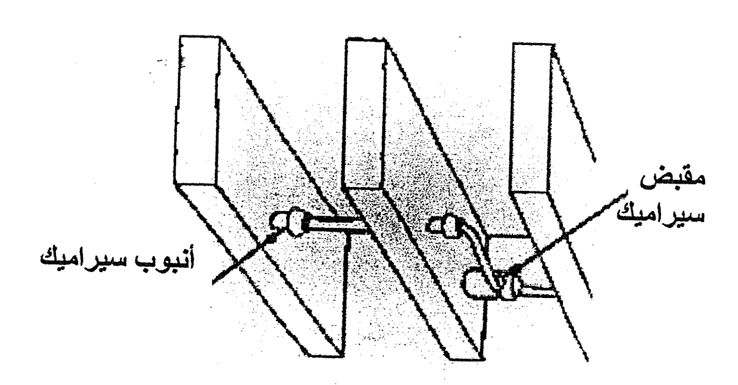
ويبين شكل (6-5) تمثيل لمقبض وأنبوب سيراميك.

تستخدم طريقة توصيلات المقبض والأنبوب سلكين أحدهما للكهرباء الحية والآخر كمسار رجوع التيار، وبينهما مسافة حوالى من 6 إلى 16 بوصة، اعتمادا على هيكل الإنشاءات الخشبية. هذه المسافة تسبب مجالات كهربائية ومغناطيسية محسوسة ومتاحة بالمساكن.

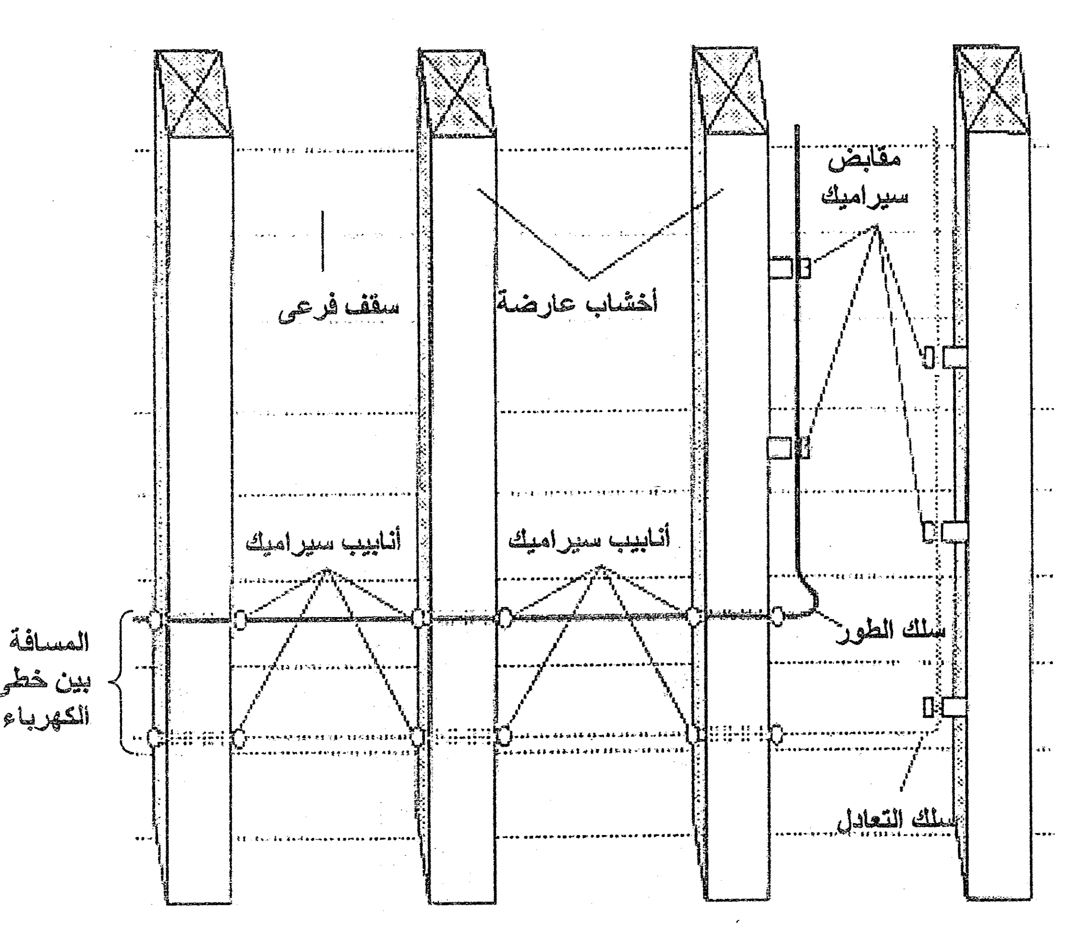
يوضح شكل (6-6) توصيلات سلكى التغذية من خلال المقبض والأنبوب السيراميكى. للتخلص من المجالات المغناطيسية فى هذه النوعية، يتم تقليل المسافة بقدر الإمكان بين سلك الكهرباء وسلك رجوع التيار وذلك لأن التيارات المارة بالسلكين تكون متساوية وفى إتجاه معاكس.



شكل (6-4) مقبض و أنبوب



شكل (6-5) تمثيل مقبض و أنبوب



شكل (6-6) توصيلات الأسلاك عن طريق مقابض و أنابيب سيراميك

2- توصيلات بأسلاك معزولة وغير مسلحة:

تستخدم كابلات معزولة بمادة PVC ونسيج (fabric) أو معزولة بطبقتين من مادة PVC. تتكون هذه الكابلات من:

- سلك مكهرب (Hot wire).
- سلك التعادل (Neutral wire).
- سلك الأرضى (Ground wire).
- غلاف بلاستيك (PVC) خاجى (Plastic sheathing).

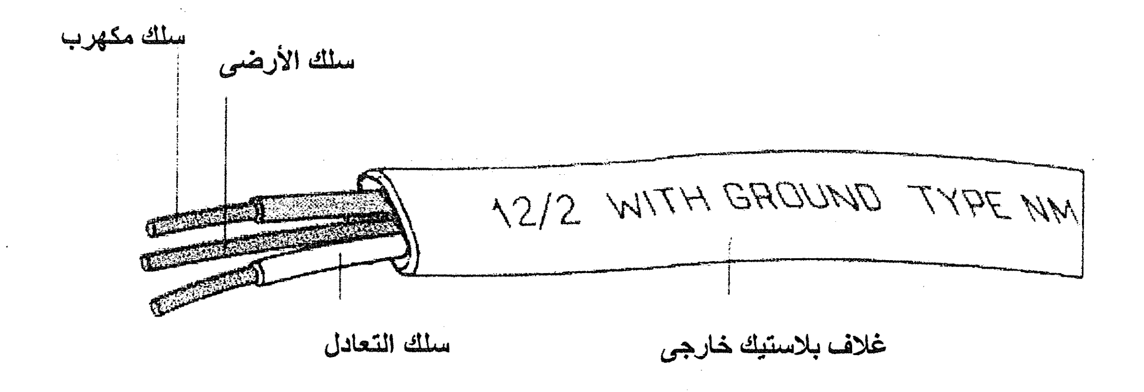
يوضح شكل (7-7) مكونات كابل معزول وغير مسلح.

نتيجة استخدام أحد الأسلاك كمصدر للكهرباء (السلك المكهرب) والآخر كمسار لعودة التيار فإن هذا يؤدى إلى تخفيض ملحوظ فى المجالات المغناطيسية المنبعثة.

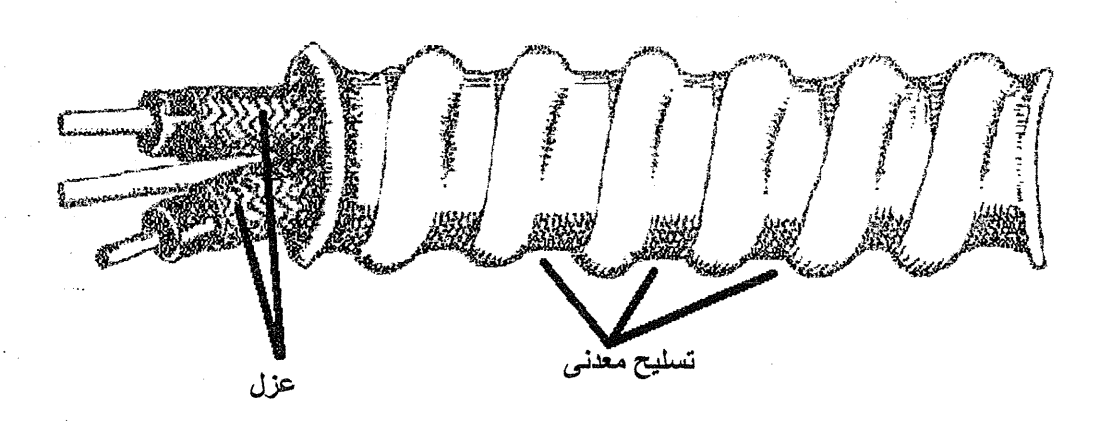
3- توصيلات بأسلاك معزولة ومسلحة:

تستخدم كابلات معزولة بغلاف من مادة PVC ثم تدعم بمادة معدنية أى كابلات مسلحة. توصل مادة التسليح المعدنية بالأرض ولذا تحذف جميع الجهود المنبعثة من الأسلاك المتقاربة.

يوضح شكل (8-6) مكونات كابل معزول ومسلح.



شكل (7-6) أسلاك معزولة بمادة PVC و غير مسلح



شكل (8-6) أسلاك معزولة و مسلحة

المجالات المغناطيسية الناتجة من التيار المار بأنابيب المياه

(Plumbing Current Magnetic Fields EMF from Water Pipes)

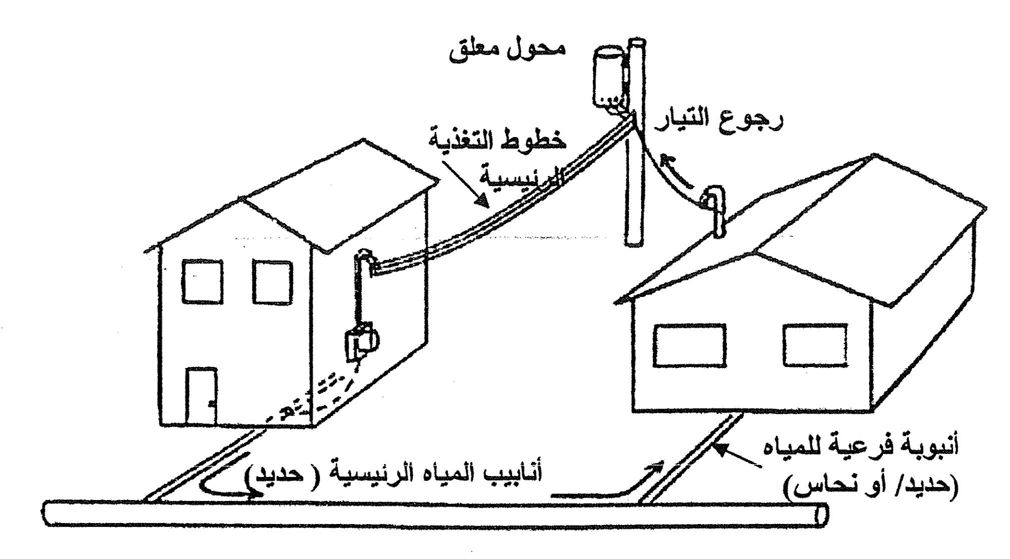
تعتبر التيارات الكهربائية المارة بأنابيب المياه من أكثر مصادر المجالات المغناطيسية شيوعا بالمنازل. وذلك نتيجة استخدام أنابيب المياه لرجوع تيار التعادل بإعتبارها مادة معدنية وكنظام تأريض، ويطلق على هذا التيار تيار أنابيب المياه (plumbing current) أو تيار الأرضى (ground current). تتعرض المبانى التجارية الصغيرة لنفس هذه الظاهرة. تحدث هذه الحالة عندما يعود جزء صغير من تيار مغذى الكهرباء للمبنى خلال المحول عن طريق المسارات البديلة مثل أنابيب المياه، والمغذى الرئيسى للمياه العمومية والمبانى المجاورة، وذلك بدلا من رجوعها من خلال تأريض النظام. تخلق هذه التيارات غير المتزنة مجالات مغناطيسية شديدة على مدى فضائى ممتد.

يوضح شكل (6-9) تمثيل لمسار بديل لرجوع تيار التعادل من خلال أنابيب المياه الرئيسية والفرعية لمبنى مجاور.

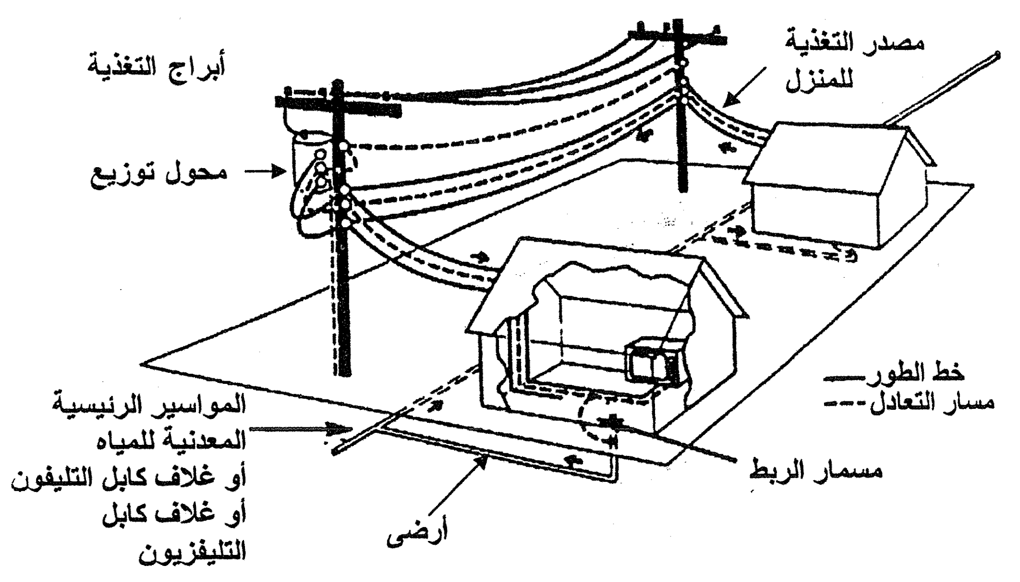
كذلك يوضح شكل (6-10) تأثير تشغيل ميكروويف بقدرة 1500 وات والذى يصدر مجالات مغناطيسية للإنشاءات المجاورة له. يوضح هذا الشكل كيف تؤثر نقاط الأرضى المتعددة فى إنتشار المجالات المغناطيسية. فمن المعروف أنه عندما يتساوى التيار المار فى خطى المصدر ومسار رجوع التيار(ويكون الخطين متقاربين)عندئذ فإن المجالات المغناطيسية الصادرة من تيار المصدر تلغى المجالات الصادرة من تيارات الرجوع. وهذا يحدث عادة فى التوصيلات المستخدمة بالمساكن.

فى شكل (6-10) يلاحظ وجود مسمار ربط (خاص بتثبيت قاطع تيار) مثبت فى مسار المواسير المعدنية الرئيسية للمياه أو مثبت فى غلاف (Sheath) كابل التليفزيون أو التليفون. هذا الوضع يؤدى إلى توزيع تيار المصدر فى خط الرجوع ومسارات الأرض عند نقطة رباط المسمار. وبالتالى تتولد مجالات مغناطيسية حول المبانى المجاورة.

عند رفع مسمار الربط، كما فى شكل (6-11)، عندئذ يعود كل التيار فى خط الرجوع المكمل لمصدر التغذية وتتلاشى المجالات المغناطيسية.



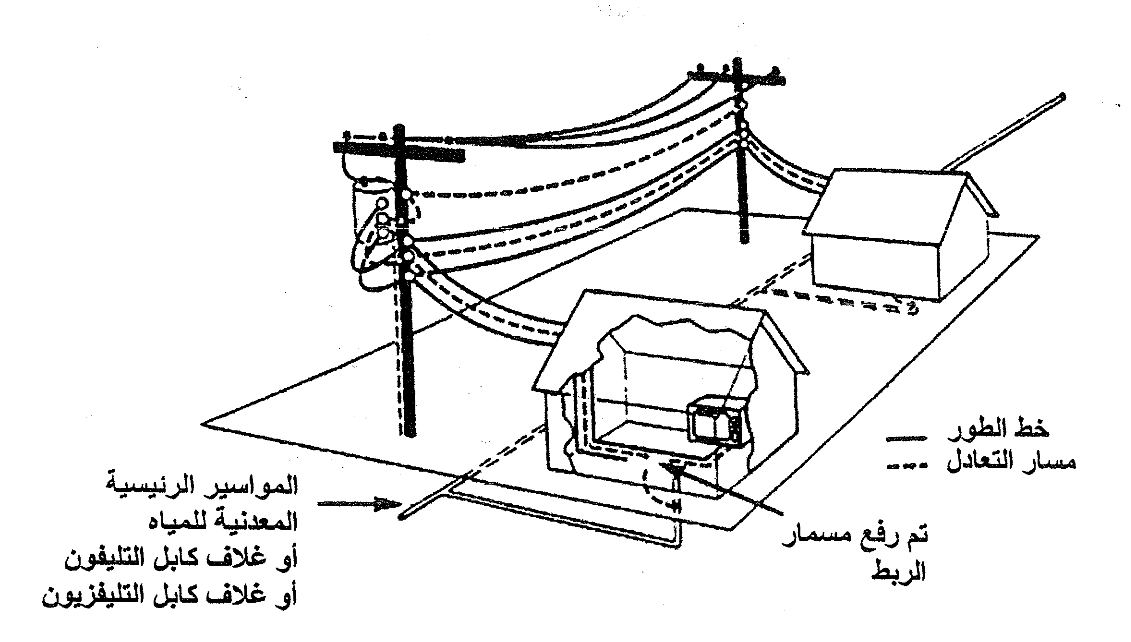
شكل (6-9) مسار بديل لرجوع تيار التعادل من خلال مبنى مجاور



شكل (6-10) مرور تيار كبير فى الأرضى نتيجة تشغيل ميكروويف بقدرة 1500 وات تتولد مجالات مغناطيسية بالمنطقة المحيطة نتيجة مسمار الربط

وتكون التوصية:

ابحث عن المسارات المتعددة للأرضى فإن التخلص منها يخفض المجالات المغناطيسية بشدة.



شكل (11-6) تم رفع مسمار الربط ، عندئذ يعود تيار التشغيل فى خط الرجوع و تتلاشى المجالات المغناطيسية

التوصيلات بالمبانى:

فى أغلب الحالات، فإن الكابلات الموصلة على مصدر أحادى جهد 230 فولت ذى ثلاثة موصلات: يمر التيار ويعود فى موصلى الطور (phase) والتعادل (neutral) ويكون موصل الأرضى (earth) للحماية. عمليا، عادة لا تمر أية تيارات فى موصل الحماية ما عدا فى حالات قصر الدائرة (short circuit) أو الأعطال (fault)، إلا أنه يتوقع مرور تيارات صغيرة جدا من المرشحات (filters) ودوائر السعوية (capacitive) الموجودة بالأجهزة الكهربائية. يجهز موصل الأرضى مسار بديل لعودة مصدر الكهرباء وذلك عند حدوث قصر مع الأرض.

تتم تغذية الأجهزة الكهربائية بالمساكن أو المنشآت التجارية بطرق مختلفة مثل:
الدوائر الحلقية (ring circuits) أو التوصيلات الإشعاعية (radial wiring) أو توصيلات الفروع والشجرة (tree and branch wiring)

يوضح شكل (12-6) دائرة حلقية تقليدية تغذى على التوازى مجموعة من الأحمال (أجهزة كهربائية) من خلال مقابس (sockets). يلاحظ أن موصل الطور (phase conductor) يمر أولا على قاطع تيار منمنم MCB (miniature circuit breaker) بمقنن 30 أمبير بينما يمر موصل التعادل مباشرة إلى المقابس. نجد فى هذه الحالة أن التيارين المارين فى موصلى الطور والتعادل، فى الدائرة الحلقية، لا يكونا متساويين اعتمادا على أى المقابس تغذى الأجهزة الكهربائية، وبالتالى فإن المجالات المغناطيسية الناتجة لا تلاشى بعضها البعض وتظهر مجالات مغناطيسية عالية فى الحيز الموجود به الدائرة الحلقية بالإضافة إلى تأثر الحجرات المجاورة بهذه المجالات المغناطيسية.

ويوضح شكل (13-6) دائرة حلقية مطوية ("Folded-ring" final circuit) فى هذه الدائرة، يستخدم كابلين معا حول الحجرات، كل كابل عبارة عن موصلين، يتم توصيلهم على المقابس من خلال قاطع تيار منمنم كما فى الشكل. بحيث يمثل موصلى كل كابل حلقة مغلقة (loop). فى هذه الطريقة يتم استخدام كابلات بأطوال أكثر ولكنها تمتاز بتغلبها على المشاكل الحادثة بالطريقة بشكل (12-6).

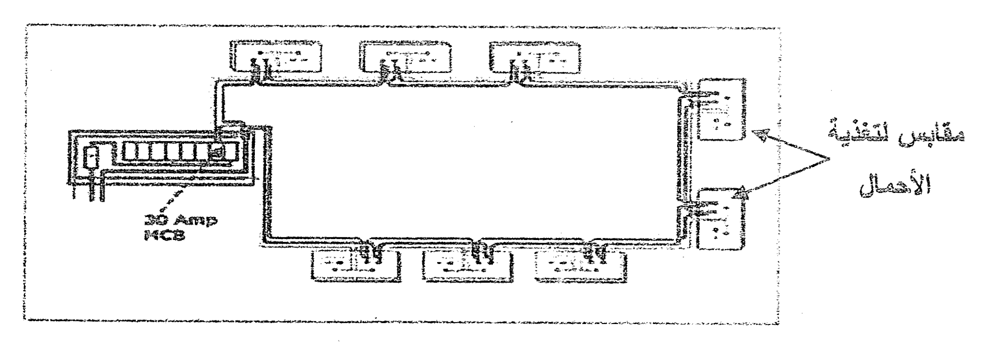
عموما تنبعث أقل مجالات مغناطيسية من دوائر التغذية الإشعاعية (radial circuits).

يكون مسموحا تحويل الدائرة الحلقية إلى دوائر إشعاعية طويلة بدون الإحتياج لإستخدام توصيلات كثيرة وذلك عن طريق فتح أحد النهايتين للدائرة الحلقية وتخفيض جهاز الحماية لمقنن 20 أمبير.

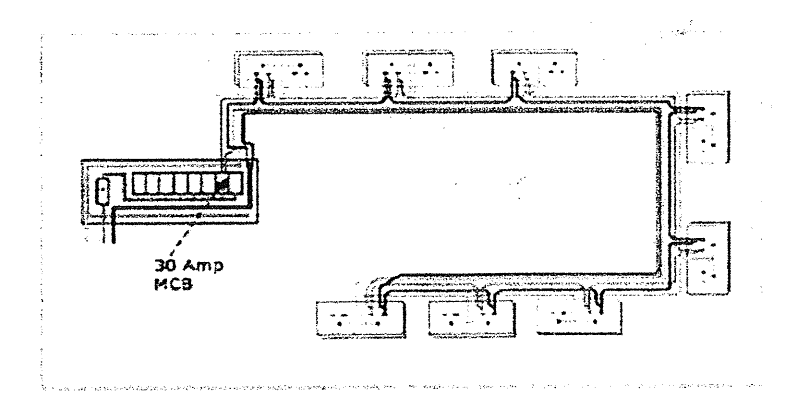
كذلك يمكن تقسيم الدائرة الحلقية إلى دائرتين إشعاعيتين متساويتين، كما في شكل (14-6) على أن يكون جهاز الحماية بمقنن 20 أمبير أو 40 أمبير طبقا للأحمال الكهربائية المتوقعة. وهذه الدائرة ينبعث منها مجالات منخفضة جدا.

عموما تعود مشاكل التوصيلات بالمباني إلى اتساع المسافة بين الموصلات (conductor spacing) الخاصة بالأطوار أو بين الطور والتعادل. فمثلا يوضح شكل (15-6) (أ) رسم تخطيطي لدائرة تغذي مجموعتين من أحمال الإضاءة، ويلاحظ أن موصلات الأطوار في الموضع (1) تبعد مسافة ملموسة عن الموضع (2) وهذا يسبب انبعاث مجالات مغناطيسية حوالي 4 ميكرو تسلا في الحيز نتيجة عدم تلاشي تيارات الأطوار لبعضها البعض. بينما يوضح شكل (15-6) (ب) رسم تخطيطي معدل للدائرة بشكل (15-6) (أ) حيث تم تمرير موصلات الأطوار والتعادل متجاورين ومعا في مواسير صلب ويلاحظ في الشكل إتجاه مسار

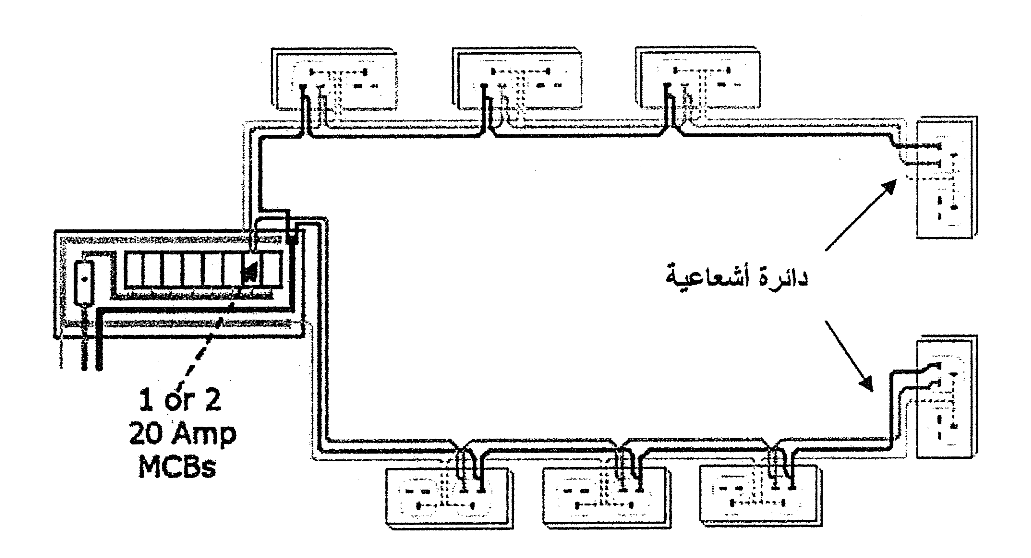
التيارات و التي في النهاية تتلاشى المجالات المغناطيسية الصادرة منها، و هذا راجع إلى قرب الموصلات من بعضها البعض.



شكل (12- 6) دائرة حلقية تقليدية



شكل (6-13) دائرة حلقة مطوية



شكل (6-14) دائرة حلقية مقسمة إلى دائرتين أشعاعيتين

تخفيض المجالات المغناطيسية

أ – من طرق تخفيض المجالات المغناطيسية بمراعاة المسافة بين الموصلات:

1- أن تكون موصلات الطور و التعادل فى نفس المسار على أن تكون المسافة بينهما أقل ما يمكن.

2- يراعى الإختيار الآتى لمغذى المصدر أو العامود الصاعد (riser) :

- كابلات مسلحة متعددة (armored multi – core cables)
- كابلات غير مسلحة متعددة القلـوب (non – armored multi – core cables)
- القضبان المعزولة باالكامل (fully – insulated busbars)
- كابلات أحادية القلب (single- core cables)
- قضبان معزولة بالهواء (air – insulated busbars)

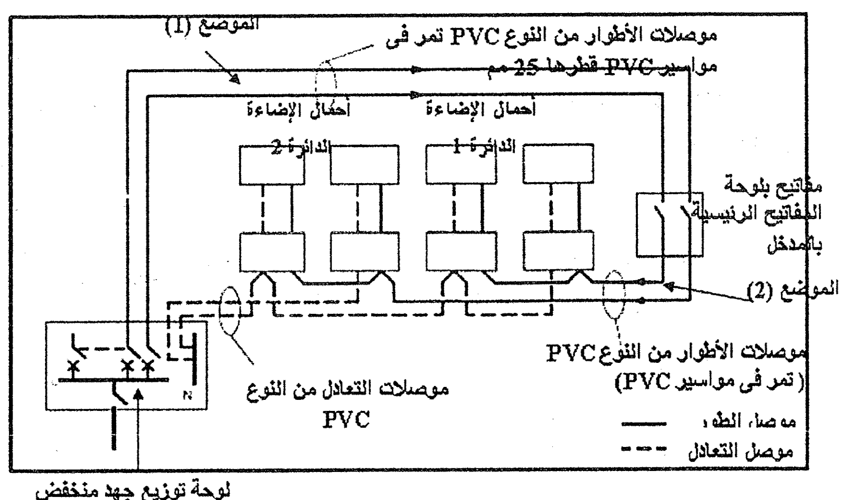
3- تجنب إستخدام قضبان أو كابلات أحادية القلب غير معزولة للتوصيلات ، إلا فـى بعض الحالات الخاصة مثل إستخدام تحجيب مغناطيسى لتخفيض تأثيرها.

4- فى حالة إستخدام الكابلات أحادية القلب ، يراعى الترتيب الثلاثى (trefoil) للأطوار.

ب- فى الإنشاءات الجديدة، لا تستخدم الدوائر الحلقية لتغذية المخـــارج (outlets) و المقابس (sockets) و ... و... بل تستخدم الدوائر الإشعاعية أو الدوائر على شكل شجرة و فرع (tree and branch).

ج- إستبدال الدوائر الحلقية الموجودة بالمنشآت بأخرى إشعاعية

د- إختيار الأجهزة و المعدات الكهربائية ذات الغلاف المعدنى و المؤرض.



(أ)

موصلات الأطوار و التعادل من النوع PVC و تمر فى مواسير صلب

أحمال الإضاءة الدائرة 2

أحمال الإضاءة الدائرة 1

موصل الطور

موصل التعادل

(ب)

شكل (15-6) (أ) رسم تخطيطى للتوصيلات الأصلية

(ب) رسم تخطيطى للتوصيلات المعدلة

الباب السابع
الأجهزة الكهربائية و المجالات المغناطيسية
Electrical Appliances and EMFs

صاحب الانتشار السريع لتطور تكنولوجيا الإلكترونيات الصناعية أن توافرت الأجهـزة الكهربائية المتعددة و التى يمكن أن تقدم أى غرض أو وظيفة مطلوبة . و لـذا فعنـد النظر فى أية بيئة محيطة مثل :المكاتب أو المدارس أو الكليـات أو المستـشفيات أو الـورش أو المنـازل أو ....أو ..... نـجد أنواع متـعددة و مختـلفة من الأجهـزة و الماكينات و الآلات الكهربائية و التى تساعد العامليـن فى هذه البيئات على سهولة و راحة و سرعة الأعمال .....

عموما تصدر المجالات المغناطيسية عند مرور تيار بالأجهزة الكهربائية و تزيد شـدة المجال كلما زاد التيار المار بها , أى تصدر المجالات المغناطيسية عند تشغيل و عمل الأجهزة الكهربائية..

تعتمد قيمة مستويات المجالات المغناطيسية على عدة عوامل مختلفة و التى منها كمية التيار المسحوب و اللازم لتشغيل الجهاز الكهربى و كـذلك قـرب الجهـاز المـسبب لانبعاث المجالات المغناطيسية من الـشخص المتعـرض للمجـالات ، فمـثلا تكـون المستويات القريبة من الأجهزة أو من الحوائط أعلى من المستويات المقاسة فى وسط المكان أو الفراغ الموجود به الشخص المتعرض للمجالات المغناطيسية.

على الرغم من أن الأجهزة الكهربائية التى تصدر مجالات مغناطيسية , لهـا مجـالات عالية نسبياً بالقرب منها ، حوالى من 20 إلى 1000 مللى جاوس ، إلا إنها تـنخفض إلى المستوى المقبول بمجرد البعد لعدة أقدام عن الأجهزة. و لأن الحـوائط لا تمنـع توقف المجالات المغناطيسية المنبعثة ، فإن الأجهزة الكهربائية يمكن أن تسبب مجالات فى الحجرات أو الأماكن المجاورة لأماكن تواجدها....

سنعرض فى هذا الباب مستويات المجـالات المغناطيـسية الـصادرة مـن الأجهـزة الكهربائية- طبقا لبعض المراجع - و ذلك للأجهزة التالية:

أ-أجهزة الورش مثل : شاحن البطارية- المثقاب- المناشير-.....

ب-أجهزة المصبغة مثل :المجففف-الغسالة- المكواة-ماكينة-...

جـ-الأجهزة المكتبية مثل :منقى الهواء -آلة التصوير-الفاكس - أنظمة الإضاءة- شاشة العرض-....

د-أجهزة المطبخ مثل :خلاط - جهاز فتح العلب - جهاز عمل القهوة - غسالة الأطباق- الميكروويف - الفرن- الثلاجة-......

هـ- الأجهزة المنزلية : المروحة- التكييف- التليفزيون- الساعة-مجفف الشعر - ماكينة الحلاقة-..........

غالباً تكون المجالات المغناطيسية القريبة من الأجهزة الكهربائية أكثر شدة من المجالات الصادرة من أى مصادر أخرى ، حتى الصادرة مباشرة تحت خطوط القوى الكهربائية و تنخفض شدة المجالات الصادرة من الأجهزة الكهربائية بشدة كلما زادت أو بعدت المسافة عن المصدر و ذلك بسرعة أكثر مقارنة بحالة المجالات الصادرة من بعض خطوط القوى الكهربائية...

أ- المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة الورش

(Workshop Sources of EMFs)

يوضح جدول (1-7) مستويات (أعلى - متوسط - أقل) المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة الورش و ذلك على بعد 6 بوصة & 1 قدم & 2 قدم & 4 قدم ...

و يلاحظ من جدول (1-7):

- أعلى مستوى للمجالات المغناطيسية تنبعث من المناشير الكهربائية (Power saws)
- لا توجد أية إنبعاثات من الشاحن (Battery Charger) على بعد قدمين.

و يبين جدول (2-7) مستويات المجالات المغناطيسية المنبعثة من بعض آلات الورش و التى كانت نتيجة مسح تم بكاليفورنيا فى نوفمبر 1997 [4]

و يلاحظ من الجدولين (1-7) & (2-7) تقارب نتائج مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من المنشار و المثقاب...

بينما يوضح جدول (7-3) مستوى المجال المغناطيسى المنبعث من المثقاب الكهربـى [7] و ذلك على المسافتين 0.5 & 1.0 قدم.

جدول (7-1) مستويـات المجـالات المغناطيسية الصـادرة من أجهزة الـورش [13] (بوحدتى μT& mG)

نوع أجهزة الورش (workshop sources)	بعد المسافة من الجهاز							
	6 بوصة		1 قدم		2 قدم		4 قدم	
	mG	μT	mG	μT	mG	μT	mG	μT
شاحن البطارية (battery charger)								
أقل (lowest)	3	0.3	2	0.2	–	–	–	–
أوسط (median)	30	3	3	0.3	–	–	–	–
أعلى (highest)	50	5	4	0.4				
أجهزة المثقاب (Drills)								
أقل (lowest)	100	10	20	2	3	0.3	–	–
أوسط (median)	150	15	30	3	4	0.4	–	–
أعلى (highest)	200	20	40	4	6	0.6	–	–
المناشير الكهربائية (power saws)								
أقل (lowest)	50	5	9	0.9	1	0.1	–	–
أوسط (median)	200	20	40	4	5	0.5	–	–
أعلى (highest)	1000	100	300	30	40	4	4	0.4

حيث: 6 in = 15 cm

1 ft = 30 cm

2 ft = 61 cm

4 ft =122 cm

جدول (2-7) حدود مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض أجهزة الورش تبعاً لبعد المسافة من المصدر [4]. (بوحدتى μT& mG)

بعد المســافة من الجهاز (قدم)				نوع الجهاز
3		1		
μT	mG	μT	mG	
0.005-0.075	0.05-0.75	0.015-1.424	0.15-14.24	منشار شريطى (band saw)
0.003-0.835	0.03-8.35	0.021-3.333	0.21-33.33	مثقاب بالضغط (drill press)
0.035-0.045	0.35-0.45	0.379-0.77	3.79-7.70	ماكينة خياطة (sewing machine)
0.002-0.059	0.02-0.59	0.046-0.505	0.46-5.05	آلة البيع (vending machine)

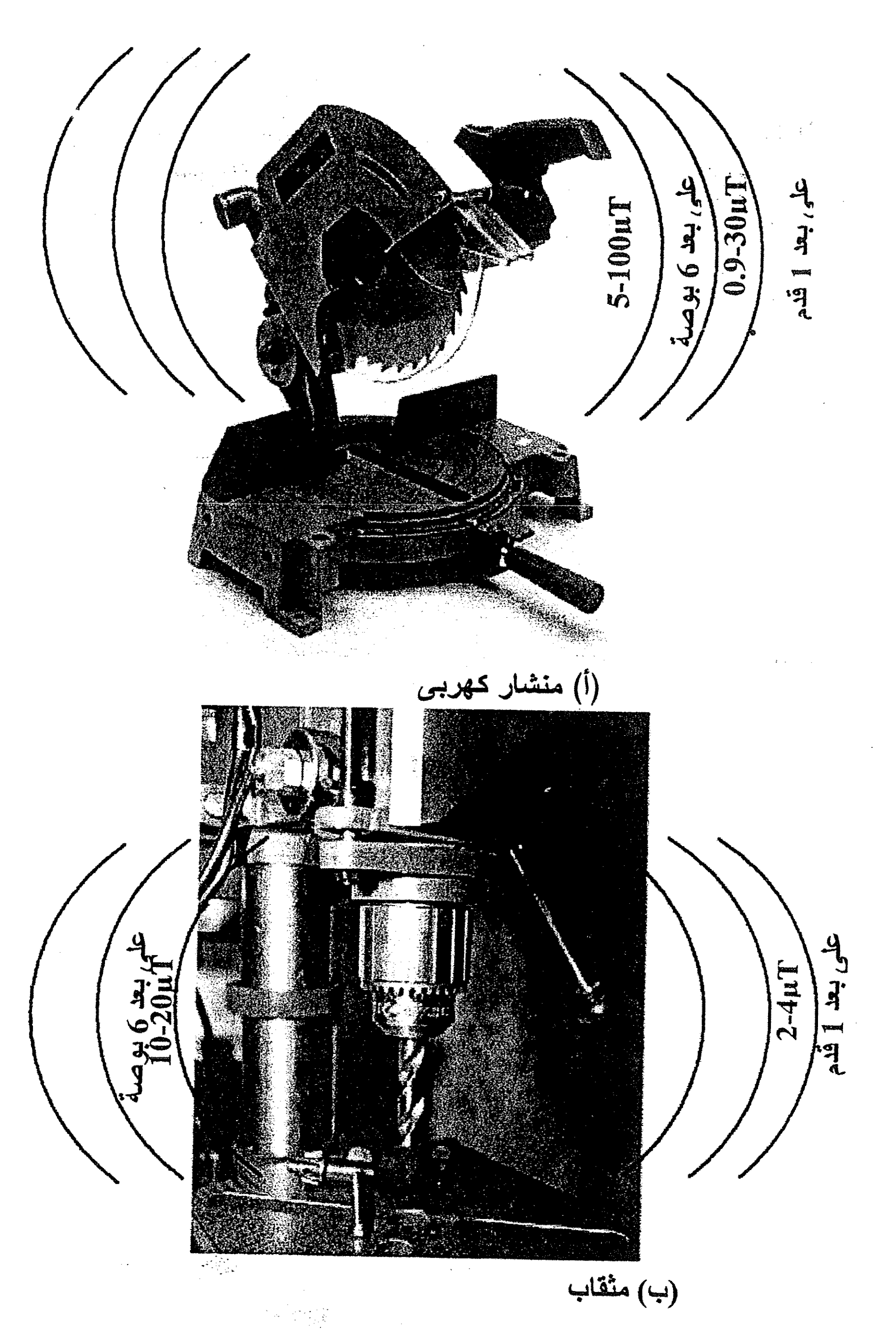
جدول (3-7) مستوى المجال المغناطيسى الصادر من المثقاب الكهربى [7] (بوحدتى μT& mG)

بعد المســافة من الجهاز (قدم)				نوع الجهاز
1		0.5		
μT	mG	μT	mG	
3	30	15	150	المثقاب الكهربى (Power drill)

يلاحظ من الجداول (1-7) & (2-7) & (3-7) أن قــيم المجــالات المغناطيــسية الصادرة من المثقاب الكهربى متقاربة جــدا و هــى : 3 μT & 3.33 μT & 3 μT على التوالى، و ذلك عند القياس على بعد 1 قدم ، على الرغم من أن هــذه الجــداول مأخوذة من ثلاثة مراجع مختلفة.

و هذا يشير إلى أنه يمكن الإعتماد على قيم مستويات المجالات المغناطيسية المنشورة بثقة.

يوضح شكل (1-7) أمثلة من أجهزة الورش المصدرة للمجالات المغناطيسية.



(أ) منشار كهربى

(ب) مثقاب

شكل (1-7) أمثلة من أجهزة الورش المصدرة للمجالات المغناطيسية

ب-المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة المصبغة

(Laundry Sources of EMFs)

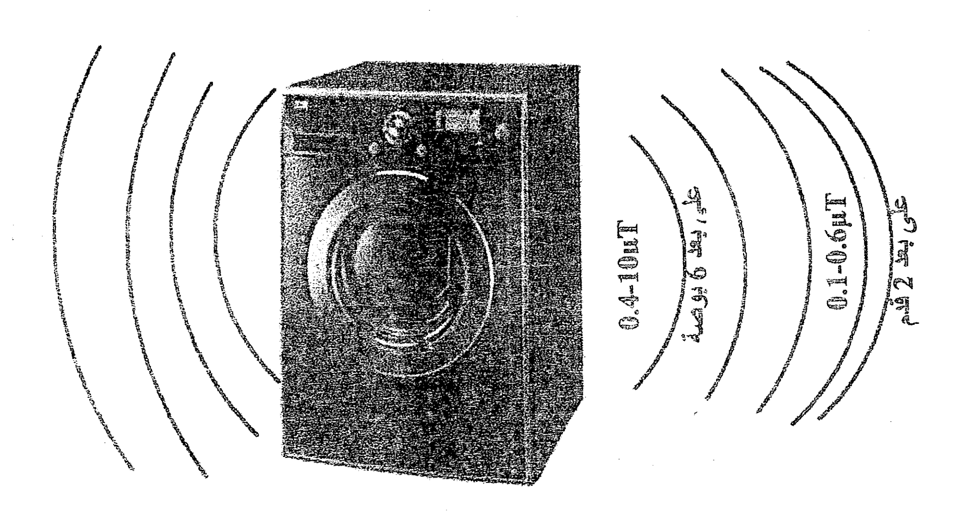
تحتوى المصبغة , و هو المكان المخصص لغسل و تنظيف و كــى الملابــس ، علــى العديد من الأجهزة الكهربائية مثل: المجفف و الغسالة و المكواة و المدفأة ......

يوضح جدول (4-7) مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة المصبغة.

يلاحظ من جدول (4-7) أن:

- أعلى مستويات المجــالات المغناطيــسيــة هــى المنبعثــة مــن المكـــانس الكهربائية و يليها المدفأة المتنقلة ثم غسالات الملابس..
- أقل مستويات المجالات المغناطيسية هى المنبعثـــة مـــن المجفــف الكهربــى للملابس.

يوضح شكل (2-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من الغسالات الكهربية بينما يوضح شكل (3-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من المكنسة و المدفاة المتنقلة.

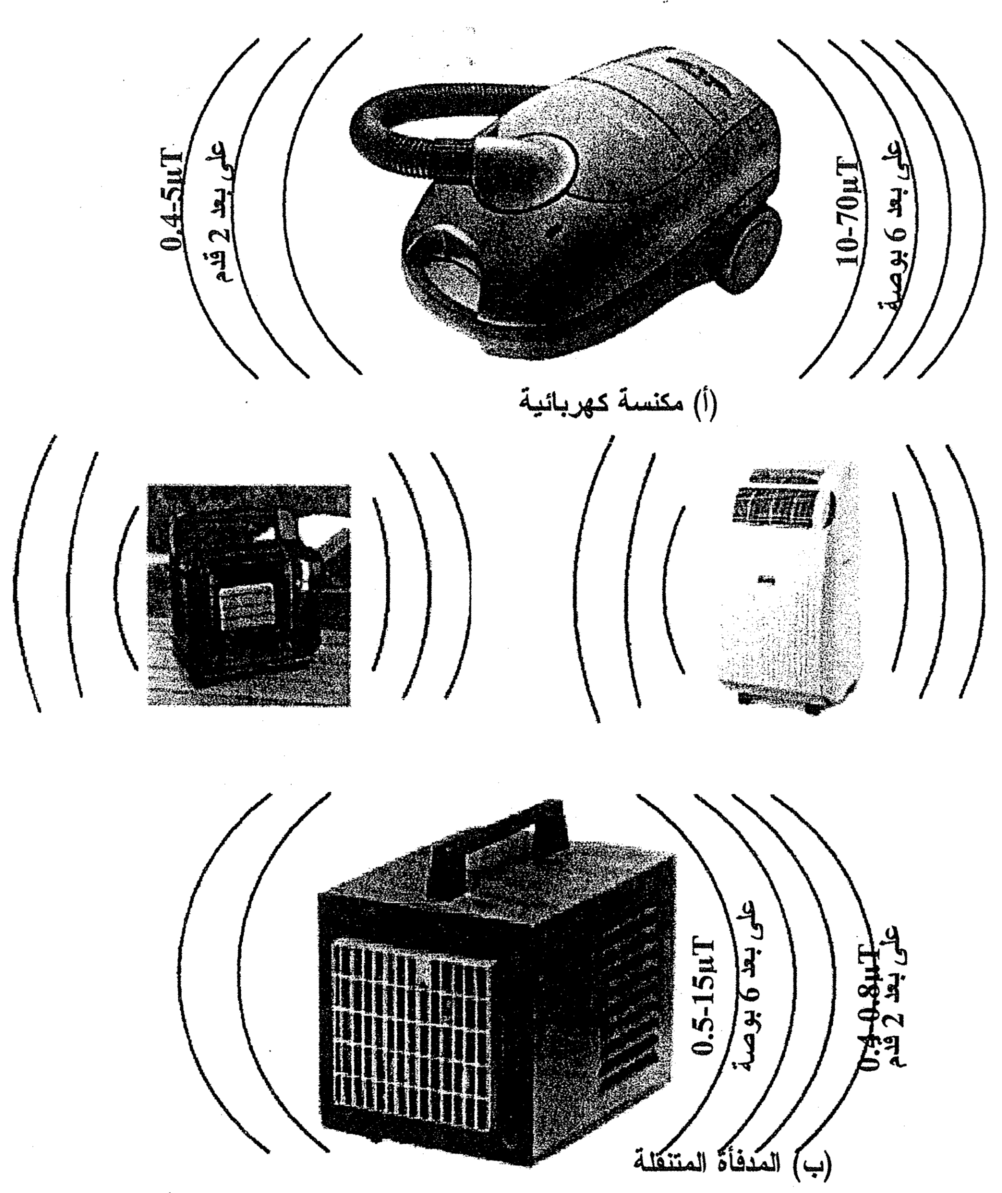


شكل (2-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من الغسالات الكهربائية

جدول(4-7) مستويات المجالات المغناطيسية المنبعثة من أجهزة المصبغة [13]

(بوحدتى µT& mG)

نوع أجهزة المصبغة	بعد المسافة من الجهاز							
	6 بوصة		1 قدم		2 قدم		4 قدم	
	mG	µT	mG	µT	mG	µT	mG	µT
المجففات الكهربائية للملابس (Electric clothes dryers)								
أقل (lowest)	2	0.2	–	–	–	–	–	–
أوسط (median)	3	0.3	2	0.2	–	–	–	–
أعلى (highest)	10	1	3	0.3	–	–	–	–
الغسالات (washing machines)								
أقل (lowest)	4	0.4	1	0.1	–	–	–	–
أوسط (median)	20	2	7	0.7	1	0.1	–	–
أعلى (highest)	100	10	30	3	6	0.6	–	–
مكواة الملابس (Iron)								
أقل (lowest)	6	0.6	1	0.1	–	–	–	–
أوسط (median)	8	0.8	1	0.1	–	–	–	–
أعلى (highest)	20	2	3	0.3	–	–	–	–
مدفأة متنقلة (Portable heater)								
أقل (lowest)	5	0.5	1	0.1	–	–	–	–
أوسط (median)	100	10	20	2	4	0.4	–	–
أعلى (highest)	150	15	40	4	8	0.8	1	0.1
مكانس كهربائية (vacuum cleaners)								
أقل (lowest)	100	10	20	2	4	0.4	–	–
أوسط (median)	300	30	60	6	10	1	1	0.1
أعلى (highest)	100	10	200	20	50	5	10	1



شكل (3-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من المكنسة الكهربائية و المدفأة المتنقلة

جـ- المجالات المغناطيسية الصادرة من الأجهزة المكتبية
(Office Sources of EMFs)

ينتشر إستخدام الأجهزة الكهربائية المختلفة و المتنوعة بالمكاتب مثل : آلات التصوير, و أجهزة الفاكس , وشاشات العرض ، و البراية الكهربية ، و أنظمة الإضاءة ، والكمبيوترات ، والطابعات ،..........،........

يوضح جدول (7-5) مستويات المجالات المغناطيسية المنبعثة من الأجهزة المكتبية [13] و ذلك على أبعاد مختلفة: 6 بوصة & 1 قدم & 2 قدم & 4 قدم

و يوضح جدول (7-6) مستويات المجالات المغناطيسية المنبعثة من بعض الأجهزة المكتبية و التى كانت نتيجة مسح تم بكاليفورنيا فى نوفمبر 1997 [4]

بينما يوضح جدول (7-7) مستوى المجال المغناطيسى المنبعث من ألة التصوير [7] و ذلك على المسافتين :0.5 & 1.0 قدم

يلاحظ من الجداول (7-5) & (7-6) & (7-7) أن :

- الأجهزة المكتبية التى تصدر أعلى مجالات مغناطيسية هى: البراية الكهربائية و منقى الهواء و آلات التصوير
- عند مقارنة المجالات المغناطيسية المنبعثة من آلة التصوير بالجداول الثلاثة نجد أنها 2 & 1.838 & 2 ميكروتسلا على التوالى و ذلك على بعد واحد قدم

توضح الأشكال (7-4) & (7-5) &(7-6) أمثلة من الأجهزة المكتبية المصدرة للمجالات المغناطيسية مثل : البراية الكهربائية، و منقى الهواء ، و آلات التصوير، و الحاسب الآلى ...

جدول(5-7) مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من الأجهزة المكتبية تبعاً للمسافة من المصدر [13] (بوحدتى μT& mG)

نوع الأجهزة المكتبية	بعد المسافة من الجهاز							
	6 بوصة		1 قدم		2 قدم		4 قدم	
	mG	μT	mG	μT	mG	μT	mG	μT
منقيات الهواء (Air Cleaners)								
أقل (lowest)	110	11	20	2	3	0.3	–	–
أوسط (median)	180	18	35	3.5	5	0.5	1	0.1
أعلى (highest)	250	25	50	5	8	0.8	2	0.2
آلات التصوير (Copy Machines)								
أقل (lowest)	4	0.4	2	0.2	1	0.1	–	–
أوسط (median)	90	9	20	2	7	0.7	1	0.1
أعلى (highest)	200	20	40	4	13	1.3	4	0.4
أجهزة الفاكسات (Fax Machines)								
أقل (lowest)	4	0.4	–	–	–	–	–	–
أوسط (median)	6	0.6	–	–	–	–	–	–
أعلى (highest)	9	0.9	2	0.2	–	–	–	–
الإضاءة بالفلورسنت (Fluorescent Lights)								
أقل (lowest)	20	2	–	–	–	–	–	–
أوسط (median)	40	4	6	0.6	2	0.2	–	–
أعلى (highest)	100	10	30	3	8	0.8	4	0.4
البراية الكهربائية (Electric Pencil Sharpener)								
أقل (lowest)	20	2	8	0.8	5	0.5	–	–
أوسط (median)	200	20	70	7	20	2	2	0.2
أعلى (highest)	300	30	90	9	30	3	30	3
شاشة عرض (1) (كمبيوترات بشاشة ملونة) Video Display Terminals (PC's with color monitors)								
أقل (lowest)	7	0.7	2	0.2	1	0.1	–	–
أوسط (median)	14	1.4	5	0.5	2	0.2	–	–
أعلى (highest)	20	2	6	0.6	3	0.3	–	–

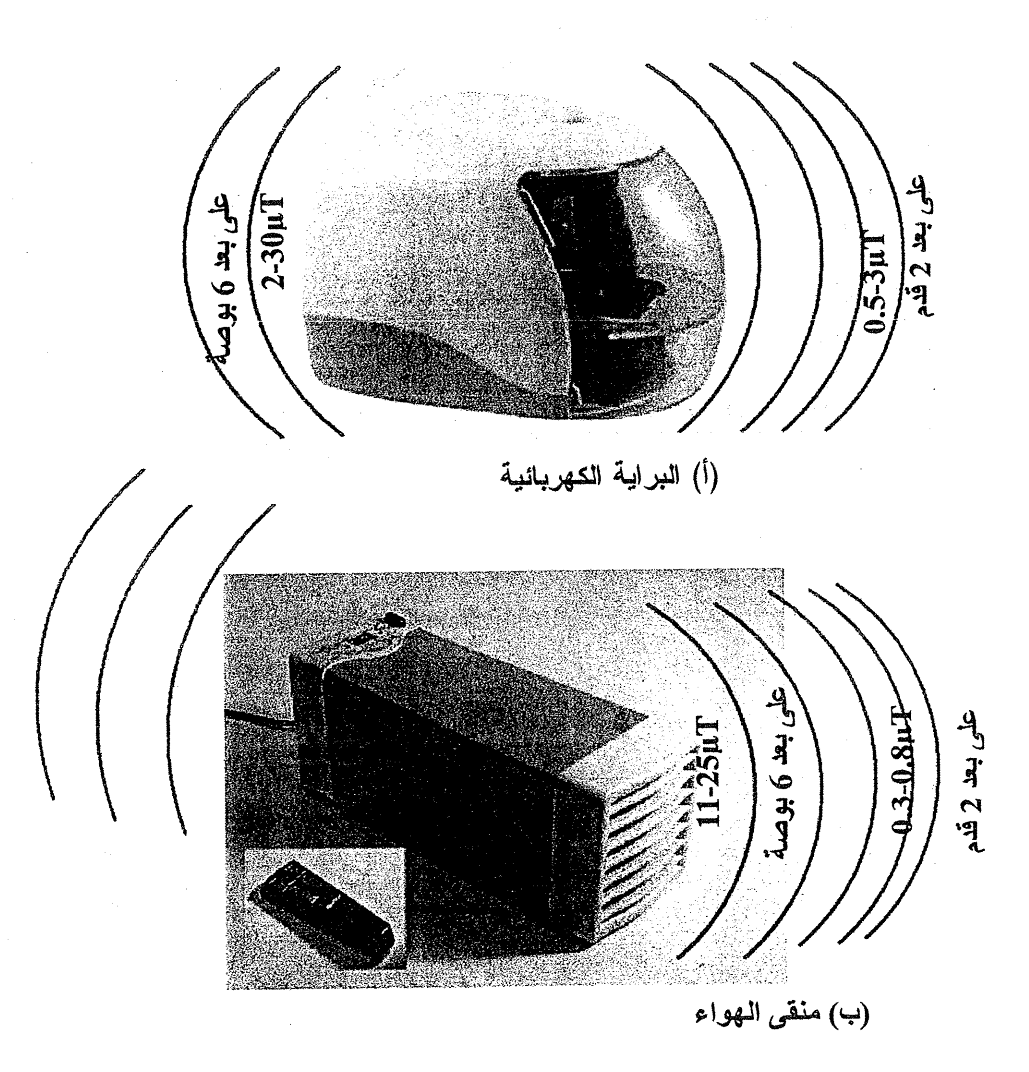
(1) بعض الأجهزة مثل التليفزيون و شاشة الحاسب الآلى تنتج مجالات عند الترددات 10,000-30,000 هرتز بالإضافة إلى المجالات عند 50 & 60 هرتز

جدول (6-7) مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من الأجهزة المكتبية تبعاً لبعد المسافة عن المصدر [4] (بوحدتى µT& mG)

بعد المسافة من الجهاز (قدم)				نوع الجهاز
3		1		
µT	mG	µT	mG	
0.0-0.239	0.0-2.39	0.005-1.838	0.05-18.38	Copy machine آلة تصوير
0.001-0.937	0.01-9.37	0.02-13.47	0.2-134.7	Computer monitor شاشات الكمبيوتر
0.121	1.21	3.281	32.81	Desktop light إضاءة مكتب
0.003	0.03	0.016	0.16	Fax machine فاكس
0.018-0.245	0.18-2.45	0.074-4.311	0.74-43.11	Printer طابعة
0.009-0.348	0.09-3.48	0.218-2.691	2.18-26.91	Scanner ماسحة
0.001-0.166	0.01-1.66	0.013-0.601	0.13-6.01	Tape player ألعاب

جدول (7-7) مستوى المجال المغناطيسى الصادر من آلة التصوير [7] (بوحدتى µT& mG)

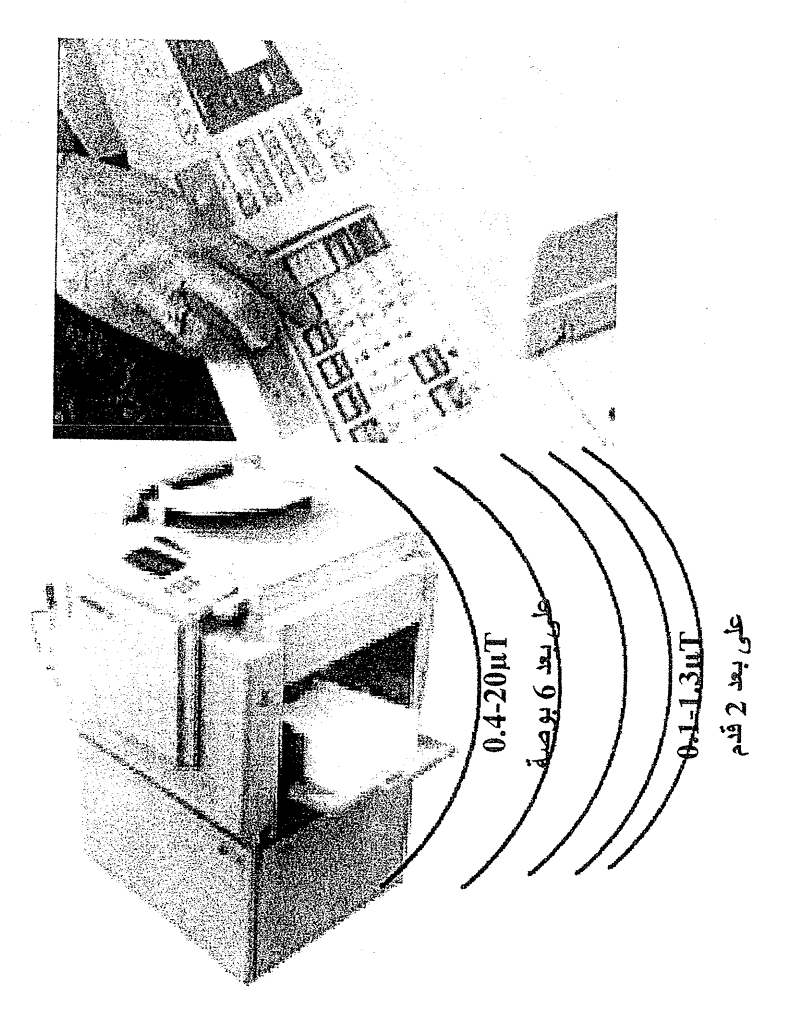
بعد المسافة من الجهاز (قدم)				نوع الجهاز
1		0.5		
µT	mG	µT	mG	
2	20	9	90	آلة تصوير (Office copy machine)



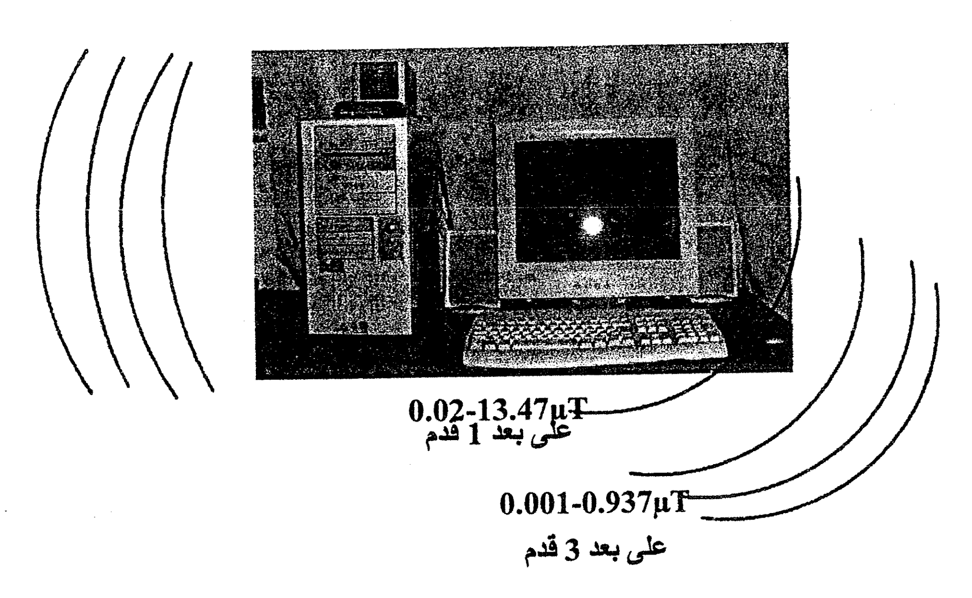
(أ) البراية الكهربائية

(ب) منقى الهواء

شكل (4-7) أمثلة من الأجهزة المكتبية المصدرة للمجالات المغناطيسية



شكل(5-7) المجالات المغناطيسية المنبعثة من آلات التصوير



شكل (6-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من الحاسب الآلى

د- المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة المطبخ
(Kitchen Sources of EMFs)

مع تقدم صناعة تكنولوجيا الإلكترونيات أصبح لا توجد أية وظيفة أو عمل مطلوب لتجهيز و إعداد الطعام أو للتخلص من الفضلات إلا و وجد له جهاز كهربى لتحقيق الغرض المطلوب منه. من أمثلة أجهزة المطبخ:
الخلاط ، فتاحة العلب ، جهاز عمل القهوة ، غسالة الأطباق ، الميكروويف ، أجهزة التخلص من القمامة ،الفرن ، الثلاجة ، محمصة الخبز.
يوضح جدول (7-8) مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة المطبخ [13] و ذلك على أبعاد 6 بوصة & 1 قدم & 2 قدم & 4 قدم
و يوضح جدول (7-9) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض أجهزة المطبخ [14] و ذلك على أبعاد 1.2 & 12 & 39 بوصة من الجهاز المنبعث منه المجالات.
نشر مركز هارفرد للوقاية من مرض السرطان [5] حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض أجهزة المطبخ و ذلك على أبعاد 3 & 30& 100 سم من المصدر و تم توضيح هذه الحدود فى جدول (7-10)
و نشرت جامعة (Wisconsin Eau Claire) الحدود أو المناطق الخطرة (Danger zones) للمجالات المغناطيسية الناتجة من المصادر الشائعة [6]. حيث لا يعتمد تأثير تعرض المجالات المغناطيسية على شدة المجالات فقط، و لكن يعتمد أيضا على بعد المسافة من المصدر و فترة التعرض للمجال، يوضح جدول (7-11) هذه الحدود لبعض أجهزة المطبخ. و يبين جدول (7-12) المجال المغناطيسى الصادر من الميكروويف طبقاً للمصدر [7].
نشرت وكالة الأمان النووى و حماية الإشعاع باستراليا [9] حدود مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض أجهزة المطبخ و المقاسة على البعد العادى لاستخدام الأجهزة المذكورة بجدول (7-13).
و يوضح جدول (7-14) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة المطبخ طبقا للمرجع [4].

جدول(8-7) مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة المطبخ [13]

(بوحدتي µT& mG)

بعد المسافة من الجهاز								نوع أجهزة المطبخ (Kitchen sources)
4 قدم		2 قدم		1 قدم		6 بوصة		
µT	mG	µT	mG	µT	mG	µT	mG	
								(Blenders) خلاط صغير للطعام
–	–	–	–	0.5	5	3	30	(lowest) أقل
–	–	0.2	2	1	10	7	70	(median) أوسط
–	–	0.3	3	2	20	10	100	(highest) أعلى
								(Can openers) فتاحات كهربائية للعلب
–	–	0.3	3	4	40	50	500	(lowest) أقل
0.2	2	2	20	15	150	60	600	(median) أوسط
0.4	4	3	30	30	300	150	1500	(highest) أعلى
								(Coffee makers) أجهزة عمل القهوة
–	–	–	–	–	–	0.4	4	(lowest) أقل
–	–	–	–	–	–	0.7	7	(median) أوسط
–	–	–	–	0.1	1	1	10	(highest) أعلى
								(Dish washers) غسالات أطباق
–	–	0.2	2	0.6	6	1	10	(lowest) أقل
–	–	0.4	4	1	10	2	20	(median) أوسط
0.1	1	0.7	7	3	30	10	100	(highest) أعلى
								أجهزة إعداد الطعام (Food processors)
–	–	–	–	0.5	5	2	20	(lowest) أقل
–	–	0.2	2	0.6	6	3	30	(median) أوسط
–	–	0.3	3	2	20	13	130	(highest) أعلى
								أجهزة التخلص من القمامة (Garbage disposals)
–	–	0.1	1	0.8	8	6	60	(lowest) أقل
–	–	0.2	2	1	10	8	80	(median) أوسط
–	–	0.3	3	2	20	10	100	(highest) أعلى

تابع جدول(8-7)

نوع أجهزة المطبخ (Kitchen sources)	بعد المسافة من الجهاز: 6 بوصة		1 قدم		2 قدم		4 قدم	
	mG	µT	mG	µT	mG	µT	mG	µT
ميكروويف [1] (Microwave oven)								
(lowest) أقل	100	10	1	0.1	1	0.1	–	–
(median) أوسط	200	20	40	4	10	1	2	0.2
(highest) أعلى	300	30	200	20	30	3	20	2
خلاطات (Mixers)								
(lowest) أقل	30	3	5	0.5	–	–	–	–
(median) أوسط	100	10	10	1	1	0.1	–	–
(highest) أعلى	600	60	100	10	10	1	–	–
أفران كهربائية (Electric ovens)								
(lowest) أقل	4	0.4	1	0.1	–	–	–	–
(median) أوسط	9	0.9	4	0.4	–	–	–	–
(highest) أعلى	20	2	5	0.5	1	0.1	–	–
موقدات كهربائية (Electric ranges)								
(lowest) أقل	20	2	–	–	–	–	–	–
(median) أوسط	30	3	8	0.8	2	0.2	–	–
(highest) أعلى	200	20	30	3	9	0.9	6	0.6
الثلاجات (Refrigerators)								
(lowest) أقل	–	–	–	–	–	–	–	–
(median) أوسط	2	0.2	2	0.2	1	0.1	–	–
(highest) أعلى	40	4	20	2	10	1	10	1
محمصات خبز (Toasters)								
(lowest) أقل	5	0.5	–	–	–	–	–	–
(median) أوسط	10	1	3	0.3	–	–	–	–
(highest) أعلى	20	2	7	0.7	–	–	–	–

[1] يصدر الميكروويف مجالات عند التردد 60 هرتز أو 50 هرتز بقيمة عدة مئات من المللى جاوس ، داخل الميكروويف تصدر ترددات عالية (حوالى 2.45 بليون هرتز)، يجهز الميكروويف بحاجز يمنع مجالات الترددات العالية و لا يمنع مجالات الترددات العادية.

جدول (7-9) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض أجهزة المطبخ [14] (بوحدتى µT& mG)

نوع الجهاز	بعد المسافة عن الجهاز (بوصة)					
	1.2		12		39	
	mG	µT	mG	µT	mG	µT
ميكروويف (Microwave)	50 - 2000	5 - 200	40 - 80	4 - 8	3 - 8	0.3 - 0.8
غسالة الملابس (Clothes washer)	8 - 400	0.8 - 40	2 - 30	0.2 - 3	0.1 - 2	0.01 - 0.2
موقد كهربى (Electric range)	60 - 2000	6 - 200	4 - 40	0.4 - 4	0.1 - 1	0.01 - 0.1

جدول (7-10) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض أجهزة المطبخ [5] (بوحدتى µT& mG)

نوع الجهاز	بعد المسافة عن الجهاز (سم)					
	3		30		100	
	mG	µT	mG	µT	mG	µT
ميكروويف (Microwave)	750 - 2000	75 - 200	40 - 80	4 - 8	3 - 8	0.3 - 0.8
غسالة الملابس (Clothes washer)	8 - 400	0.8 - 40	2 - 30	0.2 - 3	0.1 - 2	0.01 - 0.2
موقد كهربى (Electric cooking stove)	60 - 2000	6 - 200	4 - 40	0.4 - 4	0.1 - 1	0.01 - 0.1

جدول (7-11) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض أجهزة المطبخ [6]

(بوحدتى µT& mG)

نوع الجهاز	بعد المســـافة من الجهاز			
	حتى 4 بوصة		3 قدم	
	mG	µT	mG	µT
خلاط صغير للطعام (Blender)	50-220	5-22	0.3-3	0.03-0.3
غسالة ملابس (Clothes washer)	8-200	0.8-20	0.1-4	0.01-0.4
أجهزة عمل القهوة (Coffee makers)	6-29	0.6-2.9	0.1	0.01
ميكروويف (Microwave oven)	100-500	10-50	0.1-25	0.01-2.5

جدول (7-12) مستوى المجال المغناطيسى الصادر من بعض أجهزة المطبخ [7]

(بوحدتى µT& mG)

نوع الجهاز	بعد المســـافة من الجهاز (قدم)			
	0.5		1	
	mG	µT	mG	µT
ميكروويف (Microwave oven)	200	20	4	0.4

جدول (7-13) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض أجهزة المطبخ [9]

(بوحدتى µT& mG)

نوع الجهاز	حدود المجالات المغناطيسية المقاسة على البعد العادى	
	mG	µT
فرن كهربى (Electric stove)	2-30	0.2-3
الثلاجة (Refrigerator)	2-5	0.2-0.5
غلاية الشاى (Electric kettle)	2-10	0.2-1
محمصات الخبز (Toasters)	2-10	0.2-1

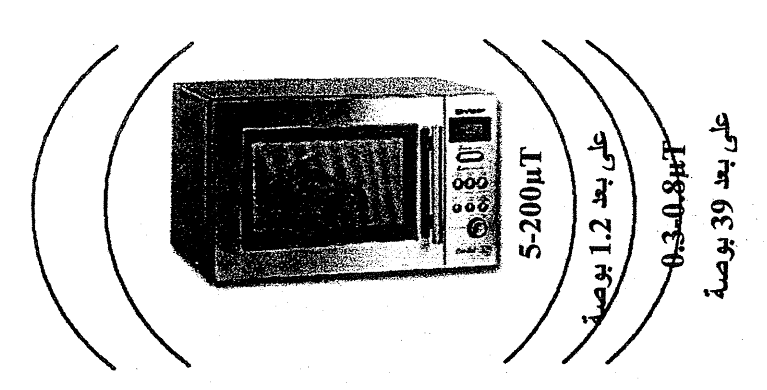
جدول (14-7) مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من أجهزة المطبخ[4] (بوحدتى μT& mG)

نوع الجهاز	بعد المسافة من الجهاز (قدم)			
	1		3	
	mG	μT	mG	μT
فتاحة علب (Can opener)	7.19-163.02	0.719-16.302	1.3-6.44	0.13-0.644
مكواة الملابس (Clothes iron)	1.66-2.93	0.166-0.293	0.25-0.37	0.025-0.037
أجهزة عمل القهوة (Coffee machines)	0.09-7.3	0.009-0.73	0.0-0.61	0.0-0.061
غسالة الأطباق (Dish washer)	4.98-8.91	0.498-0.891	0.84-1.63	0.084-0.163
أجهزة إعداد الطعام (Food Processor)	6.19	0.619	0.35	0.035
أجهزة التخلص من القمامة (Garbage disposal)	2.72-7.79	0.272-0.779	0.19-1.51	0.019-0.151
ميكروويف (Microwave Oven)	0.59-54.33	0.059-5.433	0.11-4.66	0.011-0.466
خلاط (Mixer)	0.49-41.21	0.049-4.121	0.09-3.93	0.009-0.393
موقد (Range)	0.6-35.93	0.06-3.593	0.05-2.83	0.005-0.283
ثلاجة (Refrigerator)	0.12-2.99	0.012-0.299	0.01-0.6	0.001-0.06
محمصة خبز (Toaster)	0.29-4.63	0.029-0.463	0.01-0.47	0.001-0.047

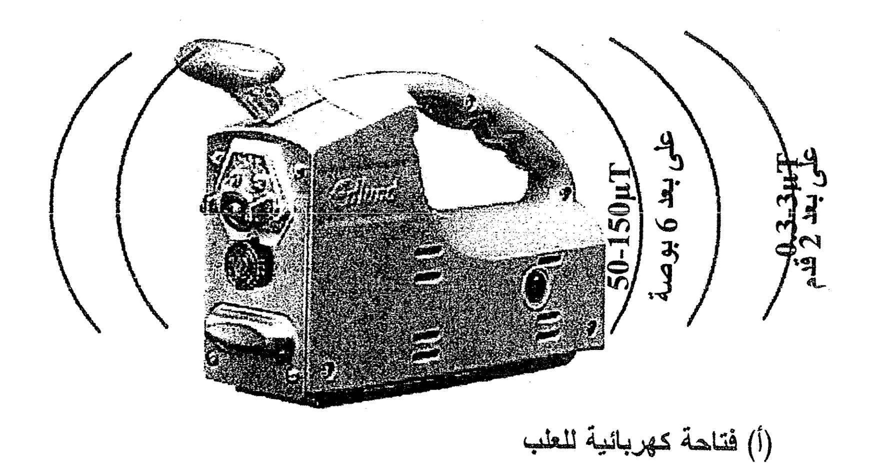
ملاحظات على الجداول من (7-8) إلى (7-14) :

- أعلى قيم للمجالات المغناطيسية منبعثة من فتاحات العلب
- أجهزة المطبخ الأكثر إنبعاثاً للمجالات المغناطيسية هى :
  فتاحة العلب ، الخلاط ، الميكروويف ، و أجهزة التخلص من القمامة
- أجهزة المطبخ الأقل إنبعاثاً للمجالات المغناطيسية هى :
  أجهزة عمل القهوة ، محمصات الخبز ، الثلاجات ، و أفران الكهرباء
- على الرغم من تعدد المراجع المستخدمة إلا أن جميع القيم ، طبقاً لنوع الجهاز تكون متقاربة

يوضح شكل (7-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من اليمكروويف بينما يوضح شكل (7-8) أمثلة من أجهزة المطبخ المصدرة للمجالات المغناطيسية مثل: فتاحة كهربائية للعلب، و خلاط كهربائى



شكل (7-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من الميكروويف



(أ) فتاحة كهربائية للعلب

3-60µT
على بعد 6 بوصة
0.1-1µT
على بعد 2 قدم

(ب) خلاط كهربائى

شكل (8-7) أمثلة من أجهزة المطبخ المصدرة للمجالات المغناطيسية

هـ- المجالات المغناطيسية الصادرة من الأجهزة المنزلية
(Home sources of EMFs)

سنعرض فى هذا البند مستويات المجالات المغناطيسية الصادرة من :

- أجهزة حجرة الإعاشة (Living /family room) مثل:
  أجهزة التكييف، المرواح ، التليفزيون
- أجهزة حجرة النوم (Bed room) مثل : الساعة الكهربائية
- أجهزة المرحاض (Bathroom) مثل : مجفف الشعر ، و ماكينة الحلاقة

يوضح جدول (15-7) مستويات المجالات المغناطيسية المنبعثة من أجهزة حجرة الإعاشة و حجرة النوم و المرحاض [13] و ذلك على الأبعاد 6 بوصة & 1 قدم & 2 قدم & 4 قدم.

و يوضح جدول (16-7) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض الأجهزة المنزلية [14] و ذلك على أبعاد 1.2 & 12& 39 بوصة من الجهاز المنبعث منه المجالات.

نشر مركز هارفرد للوقاية من مرض السرطان [5] حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض الأجهزة المنزلية و ذلك على أبعاد 3 & 30 & 100 سم من المصدر ، و لقد تم توضيح هذه الحدود فى جدول (17-7).

و نشرت جامعة (Wisconsin Eau Claire) الحدود أو المناطق الخطرة (Danger zone) للمجالات المغناطيسية الناتجة من المصادر الشائعة [6]. حيث لا يعتمد تأثير تعرض المجالات المغناطيسية على شدة المجالات فقط ، و لكن يعتمد أيضا على بعد المسافة من المصدر و فترة التعرض للمجال ، يوضح جدول (18-7) هذه الحدود لبعض الأجهزة المنزلية.

و يبين جدول (19-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض الأجهزة المنزلية[7].

جدول(15-7) مســتويات المجالات المغناطيسية المنبعثــة من أجهزة حجرة الإعاشة و حجرة النوم و المرحاض [13] (بوحدتى μT& mG)

نوع الأجهزة	بعد المسافة من الجهاز							
	6 بوصة		1 قدم		2 قدم		4 قدم	
	mG	μT	mG	μT	mG	μT	mG	μT
حجرة الإعاشة Living /family room sources								
مرواح السقف (Ceiling fans)								
أقل (lowest)	–	–	–	–	–	–	–	–
أوسط (median)	–	–	3	0.3	–	–	–	–
أعلى (highest)	–	–	50	5	6	0.6	1	0.1
أجهزة تكييف شباك (Window air conditioners)								
أقل (lowest)	–	–	–	–	–	–	–	–
أوسط (median)	–	–	3	0.3	1	0.1	–	–
أعلى (highest)	–	–	20	2	6	0.6	4	0.4
تليفزيون ملون [1] (Color television)								
أقل (lowest)	–	–	–	–	–	–	–	–
أوسط (median)	–	–	7	0.7	2	0.2	–	–
أعلى (highest)	–	–	20	2	8	0.8	4	0.4
حجرة النوم Bedroom sources								
الساعة الرقمية[2] (Digital clock)								
أقل (lowest)	–	–	–	–	–	–	–	–
أوسط (median)	–	–	1	0.1	–	–	–	–
أعلى (highest)	–	–	8	0.8	2	0.2	1	0.1
الساعة القياسية (Analog clock)								
أقل (lowest)	–	–	1	0.1	–	–	–	–
أوسط (median)	–	–	15	1.5	2	0.2	–	–
أعلى (highest)	–	–	30	3	5	0.5	3	0.3

تابع جدول(15-7)

نوع الأجهزة	بعد المسافة من الجهاز							
	6 بوصة		1 قدم		2 قدم		ب قدم	
	mG	μT	mG	μT	mG	μT	mG	μT
مراقب الأطفال (وحدة قريبة من الطفل) Baby monitor (unit nearest child)								
(lowest) أقل	4	0.4	–	–	–	–	–	–
(median) أوسط	6	0.6	1	0.1	–	–	–	–
(highest) أعلى	15	1.5	2	0.2	–	–	–	–
مصادر المرحاض (Bathroom sources)								
مجففات الشعر (Hair dryers)								
(lowest) أقل	1	0.1	–	–	–	–	–	–
(median) أوسط	300	30	1	0.1	–	–	–	–
(highest) أعلى	700	70	70	7	10	1	1	0.1
ماكينة الحلاقة (Electric shavers)								
(lowest) أقل	4	0.4	–	–	–	–	–	–
(median) أوسط	100	10	20	2	–	–	–	–
(highest) أعلى	600	60	100	10	10	1	1	0.1

(1) بعض الأجهزة مثل التليفزيون و شاشة الحاسب الآلى تنتج مجالات عند الترددات 10,000- 30,000 هرتز بالإضافة إلى المجالات عند 50 & 60 هرتز

(2) أغلب الساعات الرقمية تصدر مجالات منخفضة. بينما الساعات القياسية تصدر مجالات عالية من إشتغال المحرك.

جدول (7-16) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض الأجهزة المنزلية [14] (بوحدتى μT& mG)

نوع الجهاز	بعد المسافة عن الجهاز (بوصة)					
	1.2		12		39	
	mG	μT	mG	μT	mG	μT
مصباح الفلورسنت (Fluorescent Lamp)	400 - 4000	40 - 400	5 - 20	0.5 - 2	0.1 - 3	0.01 - 0.3
التليفزيون (Television)	25- 500	2.5 - 50	0.4 - 20	0.04 - 2	0.1 - 2	0.01 - 0.2
مجفف الشعر (Hair dryer)	60-2000	6 - 200	0.1 - 70	0.01 - 7	0.1 - 1.3	0.01 - 0.13

جدول (7-17) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض الأجهزة المنزلية [5] (بوحدتى μT& mG)

نوع الجهاز	بعد المسافة عن الجهاز (سم)					
	3		30		100	
	mG	μT	mG	μT	mG	μT
المصباح الفلورسنت (Fluorescent lamp)	40 - 4000	4 - 400	5 - 20	0.5 - 2	0.1 - 3	0.01 - 0.3
تليفزيون (Television)	25- 500	2.5 - 50	0.4 - 20	0.04 - 2	0.1 - 2	0.01 - 0.2

جدول (18-7) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض الأجهزة المنزلية [6] (بوحدتى μT& mG)

نوع الجهاز	بعد المسـافة من الجهاز			
	حتى 4 بوصة		3 قدم	
	mG	μT	mG	μT
كمبيوتر (Computer)	4-20	0.4-20	2-5	0.2 - 0.5
المصباح الفلورسنت (Fluorescent lamp)	40-4000	4 - 400	0.1-5	0.01- 0.5
مجفف الشعر (Hair dryer)	60-2000	6 -200	0.1-6	0.01 -0.6
تليفزيون (Television)	5-100	0.5 -10	0.1-6	0.01-0.6
مكنسة كهربائية (Vacuum cleaner)	230-1300	23-130	3-40	0.3-4

جدول (19-7) المجالات المغناطيسية الصادرة مـن بعـض الأجهـزة المنزليـة [7] (بوحدتى μT& mG)

نوع الجهاز	بعد المسـافة من الجهاز (قدم)			
	0.5		1	
	mG	μT	mG	μT
مجفف الشعر (Hair dryer)	300	30	1	0.1
مكنسة كهربائية (Vacuum cleaner)	300	30	60	6
ماكينة حلاقة (Electric shaver)	100	10	20	2

نشرت وكالة الأمان النووى و حماية الإشعاع باستراليا [9] حدود مستويات المجالات المغناطيسية المنبعثة من بعض الأجهزة المنزلية و المقاسة على البعد العادى لإستخدام الأجهزة المذكورة بجدول (20-7).

و يوضح جدول(21-7) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من الأجهزة المنزلية طبقاً للمرجع [4]

ملاحظات على الجداول من (15-7) إلى (21-7) :

- أعلى قيم للمجالات المغناطيسية منبعثة من مجففات الشعر و ماكينات الحلاقة و خطورتها فى أنها تكون قريبة من الشخص المستخدم لها.
- أعلى قيمة للمجالات المغناطيسية هى المنبعثة من مجفف الشعر (2000μT على بعد 1.2 بوصة) (من جدول (16-7))
- يصدر من المصباح الفلورسنت مجال مغناطيسى عالى و ينخفض بشدة على بعد 39 بوصة (من جدول (16-7))
- تصدر المروحة المتنقلة مجالات مغناطيسية محسوسة مقارنة بما تصدره المروحة المركبة على حامل من مجالات مغناطيسية
- تصدر مجالات مغناطيسية من الحاسب الآلى أكبر من المجالات الصادرة من التليفزيون عند القياس على نفس المسافة من المصدر (جدول (20-7))، بينما توضح النتائج بجدول (18-7) عكس ذلك ، و هذا إعتماداً على مكونات الأجهزة و تيار السحب.

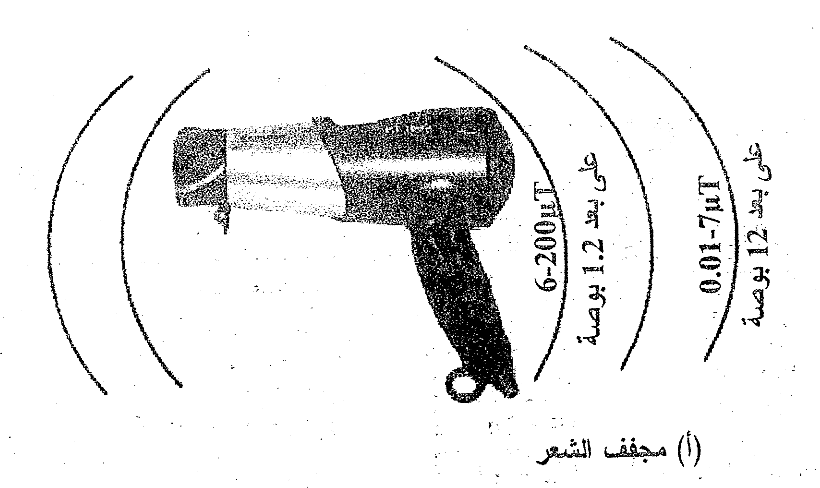
يوضح شكل (9-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من مجفف الشعر و ماكينة الحلاقة. بينما يوضح شكل(10-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من التليفزيون و المصابيح الفلورسنت.

جدول (7-20) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة من بعض الأجهزة المنزليـــة [9] و المقاسة على البعد العادى لإستخدام هذه الأجهزة (بوحدتى µT& mG)

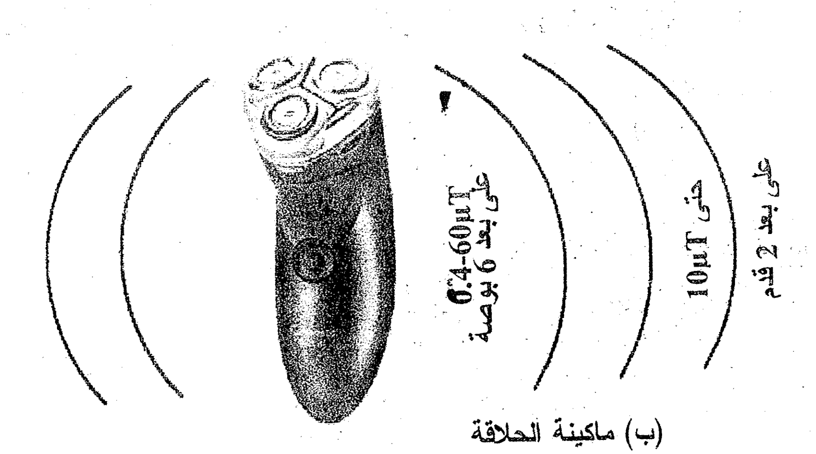
نوع الجهاز	حدود المجالات المغناطيسية المقاسة على البعد العادى	
	mG	µT
تليفزيون (Television)	0.2 – 2	0.02 – 0.2
حاسب آلى (Personal computer)	2 – 20	0.2 – 2
بطانية كهربائية (Electric blanket)	5 – 30	0.5 – 3
مجفف الشعر (Hair dryer)	10 – 70	1 – 7
مروحية مركبة على حامل (Pedestal fan)	0.2 – 2	0.02 – 0.2

جدول (7-21) حدود المجالات المغناطيسية الصادرة مـــن الأجهـــزة المنزليـــة [4] (بوحدتى µT& mG)

نوع الجهاز	بعد المســافة من الجهاز (قدم)			
	1		3	
	mG	µT	mG	µT
ساعة (Clock)	0.34-13.18	0.034-1.318	0.03-0.68	0.003-0.068
مدفأة متنقلة (Portable heater)	0.11-19.6	0.011-1.96	0.0-1.38	0.0-0.138
مروحة متنقلة (Portable fan)	0.04-85.64	0.004-8.564	0.03-3.12	0.003-0.312
راديو (Radio)	0.43-4.07	0.043-0.407	0.03-0.98	0.003-0.098
حوض أسماك (Aquarium pump)	0.35-18.21	0.035-1.821	0.01-1.17	0.001-0.117
تليفزيون (Television)	1.8-12.99	0.18-1.299	0.07-1.11	0.007-0.111
مكنسة كهربائية (Vacuum cleaner)	7.06-22.62	0.706-2.262	0.51-1.28	0.051-0.128
مسجل تليفزيونى (Video Cassette Recorder) (VCR)	0.19-4.63	0.019-0.463	0.01-0.41	0.001-0.041

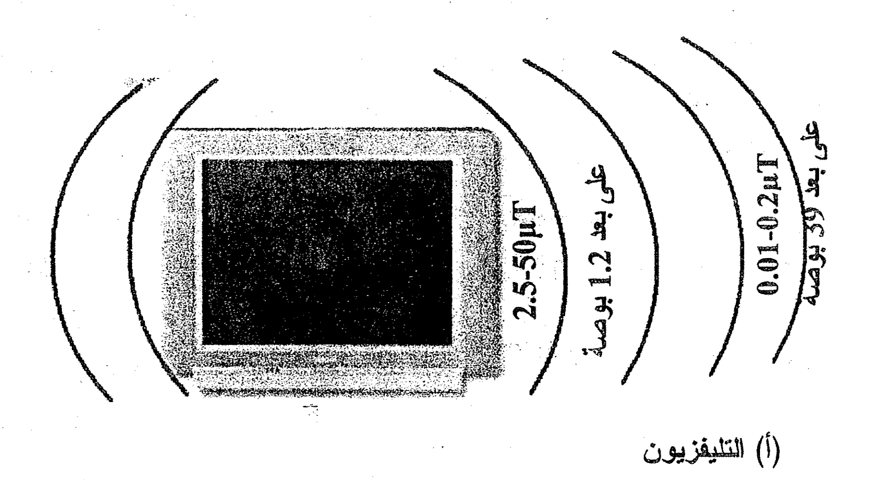


(أ) مجفف الشعر

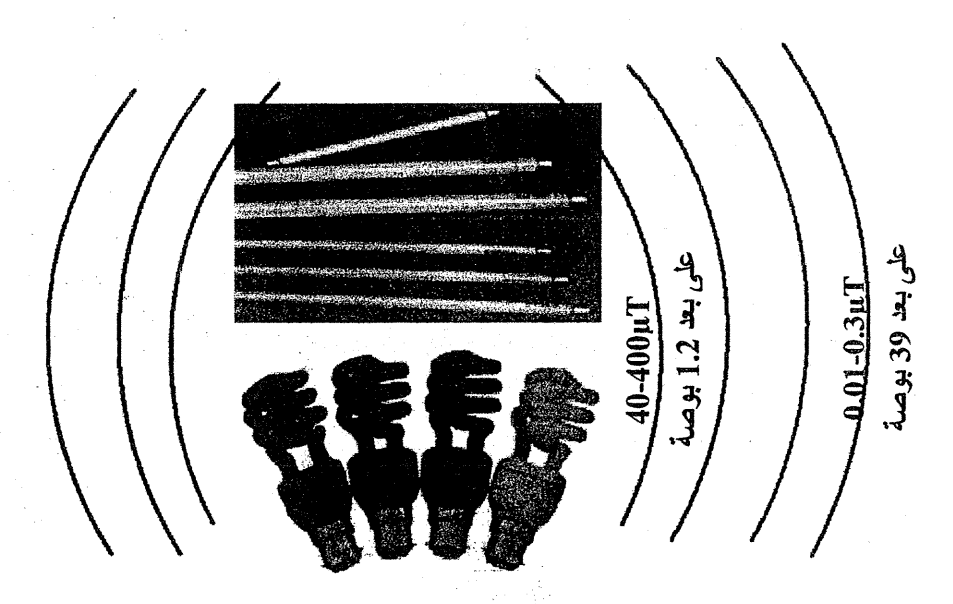


(ب) ماكينة الحلاقة

شكل (9-7) المجالات المغناطيسية الصادرة من مجفف الشعر و ماكينة الحلاقة



(أ) التليفزيون



(ب) المصابيح الفلورسنت

شكل (10-7) أمثلة للأجهزة المنزلية المصدرة للمجالات المغناطيسية

مستويات التعرض للمجالات المغناطيسية فى البيئات الشائعة
(Levels of EMF exposures in common environments)

عادة يتعرض الشخص أو الأشخاص المتواجدين فى بيئة معينة مثل المدرسة أو الجامعة أو المصنع ... إلى محصلة مجموعة من المجالات المغناطيسية الصادرة من الأجهزة أو المصادر المتواجدة فى هذه البيئة.

عموماً تتغير مستويات التعرض للمجال المغناطيسى بدرجة كبيرة من موقع إلى آخر تبعاً لبيئة العمل.

يوضح جدول (22-7) المجالات المغناطيسية المقاسة فى مكتب و مدرسة و مستشفى و ورشة و محل بقالة.

يلاحظ من جدول (22-7) أن:

- اللحام و الجزار و الصراف هم المتعرضون لأعلى مجالات مغناطيسية
- الزائرون هم المتعرضون لأقل مجالات مغناطيسية

يوضح جدول (23-7) متوسط قياسات المجالات المغناطيسية المقاسة خلال اسبوع عمل فى مجال الصناعة و مرافق الكهرباء و الإتصالات و المستشفيات.

و يبين جدول (24-7) مدى المجالات المغناطيسية الناتجة عن الترددات المنخفضة (Low frequencies) لبعض الصناعات و مصادرها مثل: المعدات الميكانيكية المستخدمة فى الإنتاج ، و عملية الجلفنة الكهربائية ، وعملية تنقية الألومنيوم، و مسابك الصلب، و الإذاعة و التليفزيون، و الإتصالات السلكية و اللاسلكية ، و المستشفيات ، و المكاتب الحكومية...كذلك يعرض الجدول الترددات الأخرى التى تسبب مجالات مغناطيسية...

جدول (22-7) المجالات المغناطيسية المقاسة [2] (بوحدتى µT& mG)

نسبة أعلى 5% Top 5th percentile		القيمة الوسطى للتعرض Median exposure*		البيئة Environment
µT	mG	µT	mG	
				مباني مكتبية (Office Building)
0.37	3.7	0.06	0.6	(Support staff) المساعدين
0.26	2.6	0.05	0.5	Professional محترف المهنة
0.38	3.8	0.06	0.6	Maintenance عامل الصيانة
0.21	2.1	0.06	0.6	Visitor الزائر
				مدرسة School
0.33	3.3	0.06	0.6	Teacher المدرس
0.29	2.9	0.05	0.5	Student الطالب
0.49	4.9	0.1	1.0	Custodian الحارس
0.69	6.9	0.13	1.3	Administrative staff الإداريين
				مستشفى Hospital
0.36	3.6	0.06	0.6	Patient المريض
0.56	5.6	0.08	0.8	Medical staff فريق العلاج
0.24	2.4	0.06	0.6	Visitor الزائر
0.59	5.9	0.06	0.6	Maintenance عامل الصيانة

*متوسط قياسات أربعة مواقع مختلفة لكل تصنيف

(Source: National Institute for Occupational Safety and Health)

تابع جدول (22-7)

نسبة أعلى 5% Top 5th percentile		القيمة الوسطى للتعرض Median exposure*		البيئة Environment
µT	mG	µT	mG	
				ورشة ماكينات **Machine Shop**
0.6	6.0	0.04	0.4	Machinist عامل ماكينات
2.46	24.6	0.11	1.1	Welder اللحام
0.51	5.1	0.01	0.1	Engineer المهندس
0.64	6.4	0.05	0.5	Assembler مجمع
0.47	4.7	0.07	0.7	Office staff فريق المكتب
				محل البقالة **Grocery Store**
1.19	11.9	0.27	2.7	Cashier صراف
1.28	12.8	0.24	2.4	Butcher جزار
0.71	7.1	0.21	2.1	Office staff فريق المكتب
0.77	7.7	0.11	1.1	Customer الزبون

*متوسط قياسات أربعة مواقع مختلفة لكل تصنيف

(Source: National Institute for Occupational Safety and Health)

جدول (23-7) متوسط قياسات المجالات المغناطيسية خلال أسبوع عمل [15]

المجالات المغناطيسية المقاسة (بوحدتى µT& mG) ELF magnetic fields measured in mG , µT				
حدود 90% من العمالة (Range for 90% of workers*)		القيمة الوسطى للموظفين (Median for occupation)		مجال الصناعة و الوظائف Industry and Occupation
µT	mG	µT	mG	
				الموظفون من الرجال فى السويد Employed men in Sweden
0.02-0.06	0.2-0.6	0.04	0.4	مشغلون آلات الإنشاء Construction machine operators
0.03-0.19	0.3-1.9	0.08	0.8	سائقى السيارات Motor vehicle drivers
0.04-0.31	0.4-3.1	0.12	1.2	مدرسى المشاريع النظرية Teachers in theoretical subjects
0.03-0.37	0.3-3.7	0.17	1.7	تجميع و إصلاح الآلات Machine repair and assembly
0.08-0.44	0.8-4.4	0.27	2.7	Retail sales البيع بالتجزئة
				الكهربائيون فى الصناعات المختلفة Electrical workers in various industries
0.05-1.2	0.5-12	0.17	1.7	مهندسى الكهرباء Electrical engineers
0.16-1.2	1.6-12.0	0.31	3.1	فنيون إنشائيون Construction electricians
0.06-0.86	0.6-8.6	0.43	4.3	العاملون فى إصلاح التليفزيون TV repairs
0.17-9.6	1.7-96.0	0.82	8.2	عاملى اللحام Welders

تابع جدول (23-7)

حدود 90% من العمالة (Range for 90% of workers*)		القيمة الوسطى للموظفين (Median for occupation)		مجال الصناعة و الوظائف Industry and Occupation
المجالات المغناطيسية المقاسة(بوحدتى μT& mG) ELF magnetic fields measured in mG, μT				
μT	mG	μT	mG	
				مرافق الكهرباء Electrical utilities
0.05-0.16	0.5-1.6	0.05	0.5	العاملون بالأعمال الكتابية بدون كمبيوتر Clerical workers without computers
0.03-0.63	0.3-6.3	0.12	1.2	العاملون بالأعمال الكتابية و الكمبيوتر Clerical workers with computers
0.05-3.5	0.5-35.0	0.25	2.5	Line workers عمال الخطوط
0.08-3.4	0.8-34.0	0.54	5.4	Electricians الكهربائيون
0.11-3.4	1.1-34.0	0.72	7.2	مشغلى محطات التوزيع الفرعية Distribution substation operators
0.03-0.37	0.3-3.7	0.09	0.9	العاملون بعيدا عن العمل (بالمنزل- رحلة-....) Workers off the job (home, travel, etc.)
				الإتـــصـــالات Telecommunications
0.09-0.31	0.9-3.1	0.16	1.6	فنيون إصلاح و صيانة إنشاءات Install, maintenance and repair technicians
0.05-0.82	0.5-8.2	0.21	2.1	فنيون المكتب المركزى Central office technicians
0.07-1.5	0.7-15	0.32	3.2	Cable splicer عامل جدل الكابل
				عمليات النقل الصناعية الآلية Auto transmission manufacturing
0.02-0.49	0.2-4.9	0.07	0.7	Assemblers عمال تجميع
0.06-2.8	0.6-28	0.19	1.9	Machinists ميكانيكى

تابع جدول (23-7)

المجالات المغناطيسية المقاسة (بوحدتى µT& mG) ELF magnetic fields measured in mG, µT				
حدود 90% من العمالة (Range for 90% of workers*)		القيمة الوسطى للموظفين (Median for occupation)		مجال الصناعة و الوظائف Industry and Occupation
µT	mG	µT	mG	
				مستشفيات Hospitals
0.05-0.21	0.5-2.1	0.11	1.1	Nurses الممرضات
0.1-0.22	1-2.2	0.15	1.5	فنيون أشعة x x-ray technicians
				عاملى صناعة الملابس بفنلندا Garment industry workers in Finland
1-4	10-40	2.2	22	مشغلى ماكينات الخياطة Sewing machine operators
0.1-0.6	1-6	0.3	3	عمال المصانع الأخرى Other factory workers

- هذه الحدود بين 5% إلى 95% من القراءات لمتوسط القياسات اليومية للموظفين

جدول (7-24) مدى المجالات المغناطيسية الناتجة من الترددات المنخفضة [15] (بوحدتى μT& mG)

الصناعة و المصادر	المجالات المغناطيسية المقاسة نتيجة الترددات المنخفضة (LF)		ملاحظات	الترددات الأخرى
	mG	μT		
المعدات الميكانيكية المستخدمة فى الإنتاج (Mechanical equipment used in manufacturing)				
سخان كهربى بالمقاومة (Electric resistance heater)	6000-14000	600-1400	تقاس معدات التعرض عند صدر المشغل	VLF
سخان تأثيرى (Induction heater)	10-460	1-46		عالى VLF
مطحنة بماسك يدوى (Hand-held grinder)	3000	300		
مطحنة (Grinder)	110	11		
مخرطة ، مثقاب بالضغط... (Lathe, drill press,.....)	1-4	0.1-0.4		
جلفنة كهربائية [1] (Electrogalvanizing)				
حجرة التقويم (Rectification room)	2000-4600	200-460	تيار مستمر موحد (يحتوى على نبضة تردد منخفض)أجزاء معدنية مجلفنة	مجالات إستاتيكية عالية
خط الكهرباء للتركيب خارج مبنى و محطة فرعية (Outdoor electric line and substation)	100-1700	10-170		

(1) جلفنة كهربائية: ترسيب طبقة من الزنك على سطح فلز (و خاصة الحديد و الفولاذ) بإستخدام الطلاء الكهربائى

تابع جدول (24-7)

الصناعة و المصادر	المجالات المغناطيسية المقاسة نتيجة الترددات المنخفضة(LF)		ملاحظات	الترددات الأخرى
	mG	µT		
تنقية الألومنيوم (Aluminum refining)				
حجرات قنينة الألومنيوم (Aluminum pot rooms)	3.4-30	0.34-3	تيار مستمر موحد عالى (يحتوى على نبضة تردد منخفض) لتنقية الألومنيوم	مجال إستاتيكى عالى جداً
حجرة التقويم (Rectification room)	300-3300	30-330		مجال إستاتيكى عالى
مسبك الصلب (Steel foundry)				
حلة معمل التكرير (Ladle refinery) حلة أقطاب نشطة (Ladle electrodes active)	170-1300	17-130	حدث أعلى مجال نتيجة الترددات المنخفضة عند كرسى مشغل حجرة الكنترول	ULF عالى من المحرك المغناطيسى الكبير للحلة
أقطاب غير نشطة (Electrodes inactive)	0.6-3.7	0.06-0.37		
وحدة جلفنة كهربائية (Electrogalvanizing unit)	2-1100	0.2-110		VLF عالى

تابع جدول (24-7)

الصناعة و المصادر	المجالات المغناطيسية المقاسة نتيجة الترددات المنخفضة (LF)		ملاحظات	الترددات الأخرى
	mG	μT		
إذاعة تليفزيون (Television broadcasting)				
كاميرات تصوير (Video cameras) (Studio and minocam)	7.2-24	0.72-2.4	القياس على بعد 1 قدم	VLF
تعادلات مغناطيسية شريط فيديو (Video tape degaussers)	160-3300	16-330		
مراكز التحكم فى الإضاءة (Light control centers)	10-300	1-30	مسح أولى	
حجرات الأخبار و الأستوديو (Studio and news rooms)	2-5	0.2-0.5		
الإتصالات السلكية و اللاسلكية (Telecommunications)				
مجموعة حاملات متممات التحويل (Relay switching racks)	1.5-32	0.15-3.2	القياس على بعد من 2 إلى 3 بوصة من المتممات	**مجالات إستاتيكية و ELF & ULF عابرة**
حجرات التحويل (متممات و مفاتيح إلكترونية) Switching rooms (relay & electronic switches)	0.1-1300	0.01-130	مسح أولى	
ممر تليفون أرضى (Underground phone vault)	3-5	0.3-0.5	مسح أولى	

تابع جدول (7-24)

الصناعة و المصادر	المجالات المغناطيسية المقاسة نتيجة الترددات المنخفضة (LF)		ملاحظات	الترددات الأخرى
	mG	μT		
المكاتب الحكومية (Government offices)				
أماكن العمل المكتبى (Desk work locations)	0.1-7	0.01-0.7	القيم العالية نتيجة الطابعات الليزر	
المكاتب القريبة من مركز الكهرباء (Desks near power center)	18-50	1.8-5		
كابلات القوى فى الأرضية (Power cables in floor)	15-170	1.5-17		
مركز الحاسب الآلى (Computer center)	0.4-6.6	0.04-0.66		
فتاحة العلب (Can opener)	3000	300	المجالات المقاسة للأجهزة على بعد 6 بوصة من الأجهزة	
مروحة تبريد على المكتب (Desktop cooling fan)	1000	100		
أجهزة مكتبية أخرى (Other office appliances)	10-200	1-20		
مصادر تغذية المبنى (Building power supplies)	25-1800	2.5-180		

تابع جدول (7-24)

الصناعة و المصادر	المجالات المغناطيسية المقاسة نتيجة الترددات المنخفضة (LF) mG	المجالات المغناطيسية المقاسة نتيجة الترددات المنخفضة (LF) µT	ملاحظات	الترددات الأخرى
المستشفيات (Hospitals)				
وحدة العناية المركزة (Intensive care unit)	0.1-220	0.01-22	تقاس عند صدر المريض	VLF
وحدة العناية بعد التخدير (Post-anesthesia care unit)	0.1-24	0.01-2.4		VLF
التصوير بالرنين المغناطيسى (Magnetic resonance imaging (MRI))	0.5-280	0.05-28	تقاس عند موضع عمل الفنيين	مجال إستاتيكى عالى جداً و مجالات VLF&RF

حيث يكون مدى التردد كالآتى:

إستاتيكية Static	0Hz
تردد ما بعد المنخفض ULF: Ultra Low Frequency	>0 & <3 Hz
تردد منخفض العلو ELF: Extremely Low Frequency	3-3000 Hz
تردد منخفض جداً VLF : Very Low Frequency	3-30 kHz
تردد الراديو RF: Radio Frequency	10 kHz-1 billion Hz

أمثلة لتسجيل المجالات المغناطيسية [15]:

أ- تعرض مشغل ماكينة الخياطة بمصنع ملابس للمجالات المغناطيسية

يعمل مشغل ماكينة الخياطة (Sewing machine) بمصنع ملابس (garment factory) جميع أيام الأسبوع ، و يأخذ ساعة واحدة للغذاء هى الساعة 11:15 صباحاً كذلك يأخذ 10 دقائق راحة فى الساعة 8:55 و الساعة 2:55 ظهراً يوضح شكل (7-11) التغير فى المجال المغناطيسى المقاس و المتعرض له العامل و نلاحظ من الشكل أن:

- أقصى مجال مغناطيسى مقاس = 50 mG
- متوسط المجال المغناطيسى المقاس = 32 mG
- المتوسط الهندسى للمجال المغناطيسى المقاس= 24 mG

ب- تعرض كهربائى يقوم بإصلاح محرك للمجالات المغناطيسية

يوضح شكل (7-12) التغير فى المجال المغناطيسى المقاس و المتعرض له كهربائى يقوم بإصلاح محرك خاص بجهاز تكييف كبير و ذلك الساعة 9:10 و الساعة 11:45 صباحاً

و نلاحظ من الشكل أن:

- أقصى مجال مغناطيسى مقاس =20 mG
- متوسط المجال المغناطيسى المقاس = 0.9 mG
- المتوسط الهندسى للمجال المغناطيسى المقاس= 2.4 mG

جـ-تعرض ميكانيكى الصيانة للمجالات المغناطيسية

يوضح شكل (13-7) التغير فى المجال المغناطيسى المقاس و المتعرض له عامل ميكانيكى يقوم بإصلاح ضاغط (كبـــاس) (Compressor) فى السـاعة 9:45 و الساعة 11:10 صباحاً و نلاحظ من الشكل أن:

- أقصى مجال مغناطيسى مقاس = 10 mG
- متوسط المجال المغناطيسى المقاس= 1.0 mG
- المتوسط الهندسى للمجال المغناطيسى المقاس= 0.7 mG

د-تعرض موظف مكتبى حكومى للمجالات المغناطيسية

يوضح شكل (14-7) التغير فى المجال المغناطيسى المقاس و المتعرض له موظف مكتبى حكومى يعمل على آلة تصوير الساعة 8:00 صباحاً كذلك يعمل على الحاسب الآلى خلال الفترتين : من 11:00 إلى 1:00 ظهراً & من 2:30 إلى 4:30 ظهراً و نلاحظ من الشكل أن:

- أقصى مجال مغناطيسى مقاس= 50 mG
- متوسط المجال المغناطيسى المقاس = 9.1 mG
- المتوسط الهندسى للمجال المغناطيسى المقاس = 7 mG

تعريفات :

- المتوسط الحسابى (arithmetic mean):

هو ناتج مجموع جميع قيم القياسات مقسومة على عدد القياسات المأخوذة

أى يساوى $\left(\frac{x_1 + x_2 + \dots\dots + x_n}{n}\right)$

- الأوسط (median):

تكون القيمة الوسطى هى الرقم الأوسط لمجموعة من القياسات بحيث يكون عدد القياسات السابقة لها يساوى عدد القياسات التالية لها

- المتوسط الهندسى (geometric mean):

هو ناتج جذر عدد القياسات لحاصل ضرب جميع قيم القياسات

أى يساوى $\sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots\dots x_n}$

مثال

أحسب للأرقام التالية 1,2,2,3,9

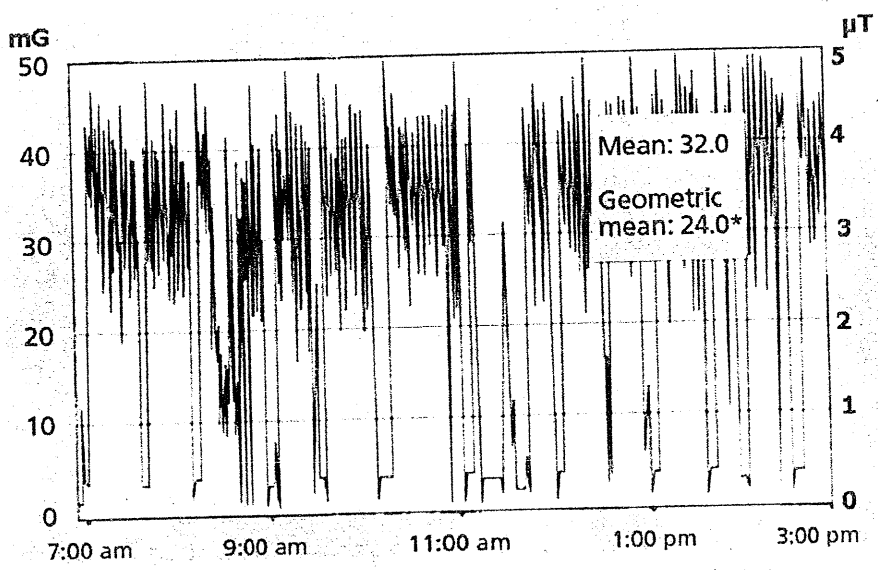
المتوسط الحسابى ، و الأوسط ، و المتوسط الهندسى

الحل

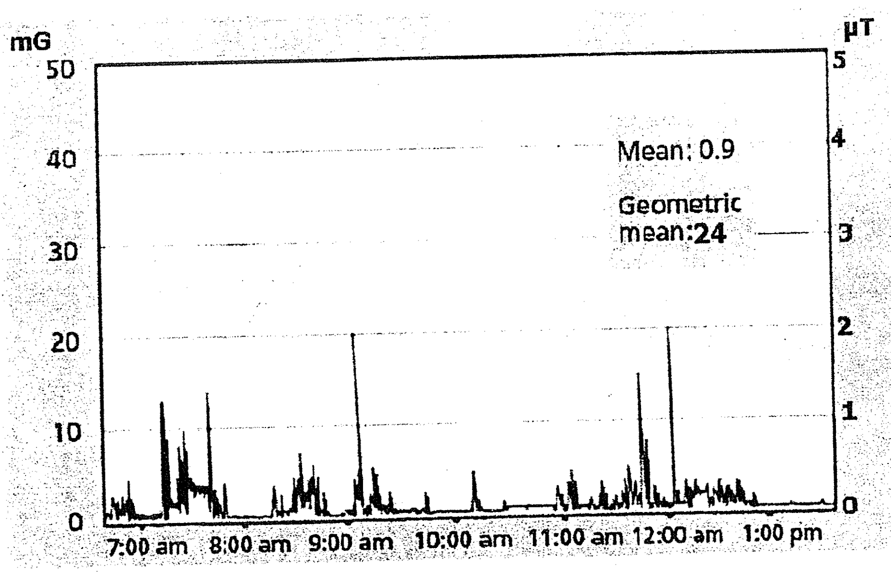
المتوسط الحسابى$=\frac{1+2+2+3+9}{5} = 3.4$

الأوسط $= 1, 2, \underline{2}, 3, 9 \;\; = 2$

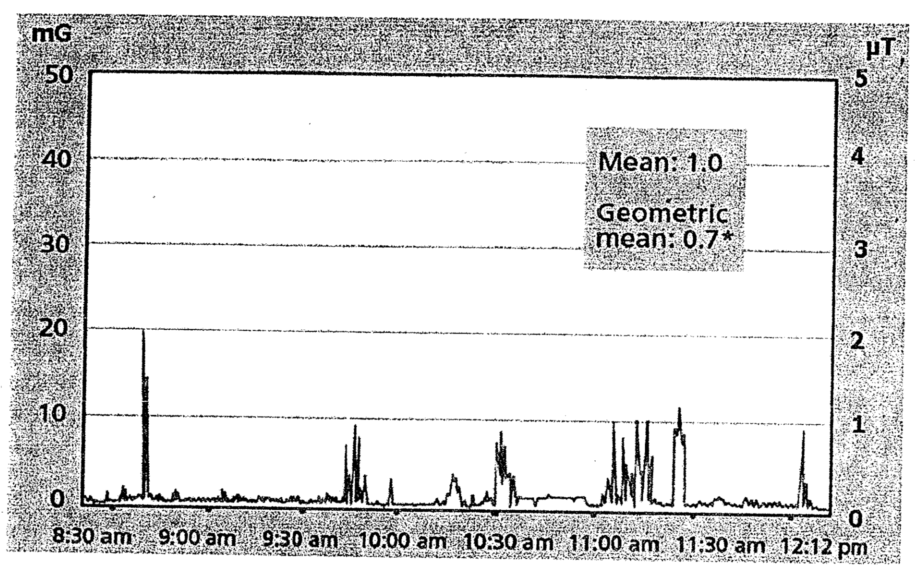
المتوسط الهندسى$=\sqrt[5]{1*2*2*3*9} = 2.55$



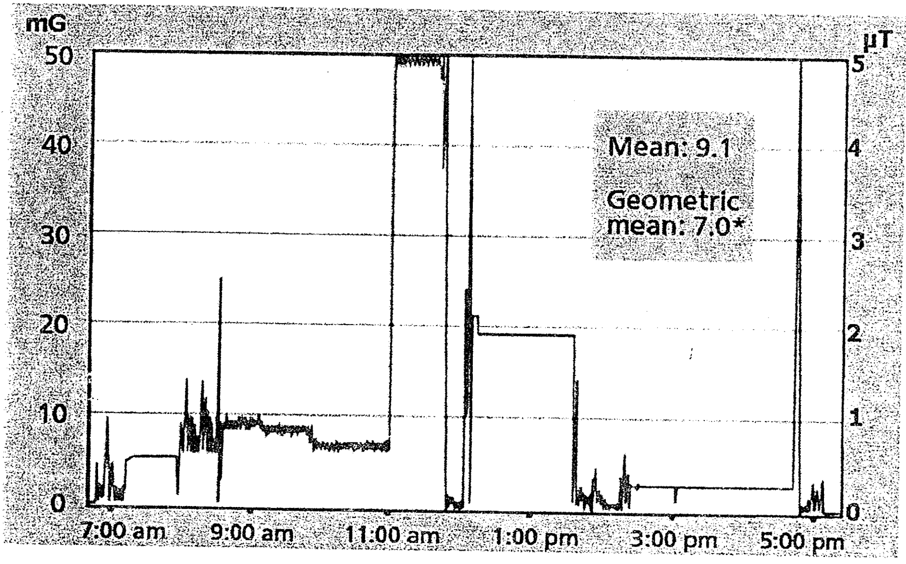
شكل (7-11) المجالات المغناطيسية المتعرض لها عامل تشغيل ماكينة الخياطة بمصنع ملابس



شكل (7-12) المجالات المغناطيسية المتعرض لها كهربائى يقوم بإصلاح محرك خاص بجهاز تكييف كبير



شكل (7-13) المجالات المغناطيسية المتعرض لها عامل ميكانيكى يقوم بإصلاح ضاغط (كباس)



شكل (7-14) المجالات المغناطيسية المتعرض لها موظف مكتبى حكومى يعمل على آلة تصوير و حاسب آلى

الباب الثامن

أجهزة قياس المجالات الكهرومغناطيسية

EMFs instruments

صممت أول أجهزة تجاريا، والخاصة بقياس مجالات ترددات القدرة ، و أصبحت متاحة فى 1980s.

حالياً ، يوجد العديد من الأجهزة المتاحة، و التى تختلف عن بعضها البعض فى عدد محاور القياس، بعضها يسجل المجالات الكهرومغناطيسية لحظيا و بعضها يمكن أن يخزن القراءات المسجلة لفترة زمنية محددة....

قياس المجالات الكهربية والمغناطيسية

(Measurement of Electrical and Magnetic fields)

تختلف أجهزة القياس طبقا لخصائصها كالآتى:

(أ) عدد محاور الكشف : **(Number of axes of detection)**

من المعروف أنه لا توجد مجسات (sensors) تقيس مباشرة المجال الناتج فى الإتجاهات العشوائية بالفراغ، عموما فإن المجسات تقيس المجال فى إتجاه واحد. يمكن أن يحتوى جهاز القياس على مجس واحد. إذا أمكن للمستخدم أن يضبط محور المجس مع إتجاه أقصى مجال عندئذ يقرأ جهاز القياس أقصى مجال فى إتجاه واحد، و يكون الناتج الكلى للمجال بين 1.0 & 1.41 مرة من هذه القيمة، إعتمادا على درجة الإستقطاب[1] (Polarisation) .

إذا إحتوى الجهاز على ثلاث مجسات متعامدة، فى هذه الحالة يمكن الحصول على ناتج المجال من القيم الثلاثة المقاسة بإستخدام المعادلة التالية:

$$\text{ناتج المجال} = \sqrt{\left(x^2 + y^2 + z^2\right)}$$

لا تعتمد قيمة الناتج على توجيه الجهاز، فالجهاز يستعمل ببساطة و سهولة.

---

(1) إستقطاب: خاصية للموجة الكهرومغناطيسية تحدد إتجاه مركبة المجال الكهربى

(ب) قياس المجال: (Measure of field)

تكون القيـاسات المتنوعة للموجـة الجيبيـة ljhpm(sine wave) مثـل : قيمـة الذروة (peak)، متوسط مقـوم (rectified average) ،جـذر متوسـط المربعـات (root –mean-square) (rms). للتردد المفرد، أى للموجـة الجيبيـة النقية،فإنـه يمكن تدريج الجهاز بحيث نحصل على نفس النتيجة، ولكن فى حالة وجـود توافقيـات بالموجة فيجب أن يؤخذ ذلك فى الإعتبار. فى حالة عدم معرفة تقنية الطبيعة الإحيائية، فإنه لا توجد قاعدة حاسمة للجزم بأن أى من المقاس يكون صحيحا.

و على ذلك تكون طريقة rms هى المفضلة للقياس.فى بعض أجهـزة القيـاس يـتم تسجيل شكل الموجة الفعلى بغرض التحليل فيما بعد.

(جـ) الإستجابة الترددية (Frequency response)

يمكن أن تكون لأجهزة القياس حساسية للترددات الفرديـة مثـل 50Hz & 60Hz أو لمدى من الترددات.إذا كانت الحساسية لمدى من الترددات، فإن الإستجابة تكون ثابتـة (أو مسطحة) (flat) أو تتناسب مع التردد. تكون الإسـتجابة الترديـة الثابتـة بـين 20Hz (أو 30 Hz) و عدد قليل من الكيلوهرتز هى المناسـبة للعديـد مـن أجهـزة القياس.

(د) حجم المجسات (size of sensors)

يمكن أن تكون المجسات صغيرة – عدد قليل من المليميترات millimeters – والتى لها المقدرة على البحث عن التغيرات فى المجال لمـسافات صـغيرة. و أيـضا توجـد مجسات أكبر و التى تناسب قياس متوسط المجال للمساحة أو الفراغ الأكبر.

(هـ) المقرئة و المسجل للأداء (Readout and logging)

يمكن أن يحتوى جهاز القياس علـى شاشـة عـرض رقميـة (digital) أو قياسـية (analogue) هذه الأجهزة تعرض القيمة فى الزمن الحقيقى (real time) ، أو القيم المسجلة (logging values) بدرجات مختلفـة التعقيـد ، مـع حـساب المتغيـرات (parameters) المختلفة للمجالات لمتوسط القيمة أو الأقصى.

قياس المجالات المغناطيسية (Measuring magnetic fields)

توجد ثلاثة أنواع من المجسات و التى تستخدم بتوسع لقياس المجالات المغناطيسية ، و هى:

أ- ملف إستكشاف (search coil)

تقيس الأجهزة الجهد الحادث بملف السلك. للمجال المغناطيسى المتغير الجيبى B ، للتردد f ، نحصل على الجهد V, الحادث فى الملف من المعادلة الآتية:

$$V=-2\pi f B_0 A \cos\omega t$$

حيث:

f = the frequency of the field
= تردد المجال

$\omega = 2\pi f$

A = the area of the loop
= مساحة الحلقة

B_o = the component of B perpendicular to the loop
= مركبة B المتعامدة على الحلقة

تزيد الجهود الحادثة نتيجة المجالات عند زيادة لفات السلك أو زيادة القلب عالى الإنفاذية (ferromagnetic core) [مادة مثل الحديد و النيكل و التى تمتاز بإنفاذية مغناطيسية عالية] للتغلب على حدوث تداخل من المجالات الكهربائية ، يجب أن يكون المسبار[1] (probe) مسلح (shielded).

إذا أستخدم الجهاز لعمل مراجعة للمجالات أو قياسات لتعرض الأشخاص، فيجب عمل مرشح للترددات الأقل تقريبا من 30Hz و ذلك للتخلص من الجهود الحادثة على المسبار نتيجة حركة الجهاز فى المجال المغناطيسى الأرضى (earth's magnetic field)

---

(1) مسبار: موصل شكله كالقلم، وله رأس معدنية مدببة و طرفه الآخر معزول ، يستخدم لتوصيل جهاز القياس بطرف فى الدائرة المطلوب إختبارها

ب-مغنيطومتر بوابة الفيض (Fluxgate magnetometer)

هو جهاز لقياس شدة المجال المغناطيسى مهما كانت صغيرة مع تعيين إتجاها.

يكشف هذا الجهاز المجال المغناطيسى عن طريق عدم تماثل المجال الناتج من معدن عالى الإنفاذية و الذى يندفع عمدا بالتعاقب فى حالة التشبع المغناطيسى (magnetic saturation) فى الإتجاهات المعاكسة عند التردد العالى.

جـ-أجهزة ظاهرة هول (Hall-effect devices)

ظاهرة هول هى نشوء مجال كهربى مستعرض فى موصل موضوع فى مجال مغناطيسى و يسرى فيه تيار متردد، عادة يوضع الموصل بحيث يتعامد المجال المغناطيسى مع إتجاه سريان التيار و يكون المجال الكهربى متعامدا على كليهما.

يصمم مجس الجهاز لقياس جهد هول[1] (Hall voltage) المستعرض خلال شريحة رقيقة من مادة شبه موصلة (semi-conducting material) تحمل تيار طولى[2] (longitudinal current).

أغلب الأجهزة العملية الخاصة بقياس ترددات القدرة تستخدم ملف الإستكشاف، سواء ملف أحادى أو ثلاثة ملفات متعامدة. يمكن أن تكون هذه الملفات:

- إما صغيرة بقدر الإمكان، بقلب عالى الإنفاذية للحصول على حساسية عالية، و للإستخدام بأجهزة التعرض الشخصى و التى يمثل فيها الوزن والحجم معيار هام.
- أو أن يكون أكبر، غالبا 0.1 متر، و ذلك لزيادة الحساسية و للحصول على بعض المتوسطات فى الفضاء.

---

(1)جهد هول: هو فرق الجهد الناتج بين طرفين متضادين فى موصل ما نتيجة للتأثير المتبادل بين المجال الكهربى الناشئ من مرور التيار و بين المجال المغناطيسى المتعامد عليه، طبقا لتعريف " ظاهرة هول"

(2) تيار طولى : هو تيار يسرى فى إتجاه واحد فى سلكين متوازيين على حين يكون مسار عودته غير الأرضى أو الطرف الأرضى، أو أية موصلات أخرى

بالنسبة لمغنيطومتر بداية الفيض فإنه لا يمكن تصنيعه بأحجام صغيرة و لا بسعر منخفض التكلفة، و لكنه يمتاز بالإستجابة لكل من مجالات AC &DC.
و تستخدم أجهزة ظاهرة "هول" فى حدود ضيقة لأن تحليلها ضعيف و تعانى من الإنحراف و لكنها تستخدم فى الترددات الأعلى.

قياس المجالات الكهربائية (Measuring electric fields)
عادة ، تستخدم أجهزة قياس المجالات الكهربية لوحين معدنين متوازيين كمجسات. من أنواع المجسات البديلة و الأقل شيوعا، النوع الذى يعتمد على إتجاه الضوء المستقطب (polarized light) (الإستقطاب: خاصية للموجة الكهرومغناطيسية تحدد إتجاه مركبة المجال الكهربى)
يوجد أجهزة ثلاثية المحاور و أحادية المحور، و الأخيرة هى الأكثر شيوعا، حيث توجد صعوبة لعمل أجهزة ثلاثية المحاور لقياس المجالات الكهربائية عن الأجهزة الخاصة بقياس المجالات المغناطيسية، و أيضاإلى حد ما بسبب موقع القياس الشائع المحدد والمفروض أن يكون قريبا من الأرض، أو تحت الأرض ، أو قريبا جدا من الخطوط الهوائية، يكون للموجة خاصية الإستقطاب الخطية (linearly-polarized) والتى تحدد إتجاه مركبة المجال الكهربى وتكون فى الإتجاه الرأسى، ولذلك فإن جهاز القياس ذى المحور الواحد هو الأفضل كفاءة.
عند إمساك أو إسناد جهاز قياس المجال الكهربى بواسطة شخص فإن ذلك يسبب حدوث تشويش. لقياس مجال بدون تشويش، فإنه يتم تعليق الجهاز عند نهاية قضيب أفقى طويل له خاصية عدم الموصولية أو يعلق على حامل رأس ثلاثى القوائم.
ويتم أخذ القراءة على بعد من شاشة الجهاز، ويسجل الجهاز القراءات لإستخدامها لاحقا، أو تنقل القراءات من خلال جهاز المقرئة (readout device) بواسطة ألياف بصرية (fiber-optic). هذا يؤدى إلى تخفيض التشويش للمستويات المسموحة.

يمكن حدوث أخطاء بالقياسات عند وجود أى من الحالات الآتية:

- درجات الحرارة القصوى و الرطوبة الزائدة
- المسافة غير الكافية بين المسبار (probe) و الموضع المراد قياسه (الهدف)
- عدم إستقرار موضع الجهاز
- ضياع خاصية عدم الموصولية لقضيب التعليق

يمكن أيضا قياس المجالات الكهربائية عند مسافات ثابتة، مثلا تحت الخطوط الهوائية أو بالمعامل حيث يتم قياس التيارات المجمعة بواسطة لوح موصل (flat conducting plate) موضوع عند مستوى الأرض.

للمجالات الجيبية، يتم حساب كثافة الفيض الكهربى طبقا للمعادلة الآتية:

$$E = \frac{I_{rms}}{2\pi f \varepsilon_0 A}$$

حيث

E = electric flux density

=كثافة الفيض الكهربى

I_{rms} = measured current induced in the plate

=التيار المقاس الحادث فى اللوح

A = area of the plate

=مساحة اللوح

ε_0 = permittivity of vacuum

= إنفاذية الفراغ

f = the frequency

= التردد

أمثلة لأجهزة قياس المجال المغناطيسى

يوضح شكل (1-8) مثال لجهاز قياس المللى جاوس (AC Milligauss Meter)

هذا الجهاز يقيس المجال المغناطيسى للتيارات المتغيرة لمدى تـردد 13Hz إلـى 75KHz تنقسم المجالات المغناطيسية إلى:

ELF : و هى الترددات الأقل من 1KHz

VLF: و هى الترددات الأعلى من 1KHz

يقيس الجهاز المجالات المغناطيسية للثلاثة محاور الفعلية.

يحتوى الجهاز على:

- مفتاح تغيير لقياس مدى المللى جاوس: و الذى يحتوى على ثلاثة حدود للمدى و هى 19.99 & 199.9 & 1999 مللى جاوس
- مفتاح لتحديد نوع القياس: و الذى يحتوى على ثلاثة أنواع للقياس
  - 3 - Axis,(1KHz – 75 KHz) & ELF+VLF
  - 3 – Axis , (1 KHz -75 KHz) & VLF
  - 1 – Axis , (13 Hz – 75 KHz) & ELF+VLF

و يوضح جدول (1-8) مثال لخصائص أحد أنواع أجهزة قياس المجـال المغناطيـسى والذى يحتوى على ذاكرة لحفظ قيم المجالات المغناطيسية المقاسة خلال فتـرة قيـاس محددة .

جدول (1-8) خصائص أحد أنواع أجهزة قياس المجال المغناطيسى

البيان	الحدود
مدى القياس	40nT - 100µT (rms)
النظام الحساس	ملف ثلاثى المحاور
إستجابة التردد	20Hz -2KHz
درجة دقة القياس	±(5% of value+0.01µT) عند 18-28° C
معامل درجة الحرارة	Max. 1%/C° عند درجة حرارة خارجية 18-28° C
سعة الذاكرة	60000 نتائج قياس
وسيلة الإتصال بالحاسب الآلى	RS 232
درجة حرارة التشغيل	(-10): (+40)°C



شكل (1-8) جهاز قياس المللى جاوس

الباب التاسع

طرق علاج المجالات المغناطيسية

Magnetic Field Mitigation Methods

مقدمة

لنجاح عملية علاج مشاكل المجالات المغناطيسية (EMF) تتبع الخطوات التالية:

- يجب عمل مخطط أو خريطة مسح للمجالات المغناطيسية للمنطقة (أو المناطق) المراد عمل علاج لها. و لعمل هذا المخطط يتم إجراء قياسات موقع بغرض تحديد القيم الفعلية (أو حدود القيم) و خصائص المجالات المغناطيسية المتواجدة بالإضافة إلى تحديد مصادر هذه المجالات
- تحليل نتائج قياسات المجالات المغناطيسية بغرض تحديد حدود العلاج المتاح
- إختيار عملية العلاج المثالية و تطبيقها
- إعادة إجراء مسح للمجالات المغناطيسية للمنطقة التى تم عمل علاج لها و التأكد من إنخفاض مستوى المجالات المغناطيسية و أنها فى الحدود القياسية العالمية المسموحة.

عموما تعالج جميع مشاكل EMF ، و بصرف النظر عن مدى ترددات المجالات المغناطيسية، بإستخدام أحد تقنيات العلاج الآتية:

- زيادة المسافة بين مصدر المجالات EMF و المنطقة المتأثرة أو الأجهزة المعرضة للمجالات المغناطيسية
- تخفيض شدة المجالات EMF المنبعثة من المصادر المسببة للإزعاج
- تحجيب مصدر المجالات EMF أو المنطقة المتأثرة و/أو الأجهزة المعرضة.

عادة ، تكون خطط علاج المجالات EMF فى صورة تعديلات هيكلية أو ترتيبية منخفضة التكاليف.مثلا:

- جوهريا،تنخفض المجالات عن طريق تغيير موضع مجارى القضبان (bus duct) الحاملة للتيارات العالية،(و الموصلة بين محول التغذية و معدات التوزيع بالمبانى) من سقف حجرة المحول إلى الأرضية.
- يتم إستخدام نظام تحجيب خاص للمجالات المغناطيسية أثناء الإنشاءات
- يتم وضع مواد تحجيب المجالات المغناطيسية أسفل محول التغذية الكبير، و بالحوائط المجاورة و الأسقف و أيضا بحجرة خلايا توزيع الكهرباء، و ذلك قبل وضع خلايا الكهرباء.

أولا: الطرق التقليدية للعلاج

1- زيادة بعد المسافة عن المصدر

(Increasing the distance from the source)

من الطرق الفعالة و غير المكلفة، أن يتم تخفيض شدة المجال المغناطيسى الناتج من التيار المتردد (AC) بزيادة المسافة بين الأجهزة المتأثرة بالمجالات و بين المصدر المسبب لمجالات مغناطيسية مرتفعة (مثل: خلايا الكهرباء، الدوائر الكهربائية،......) ... تنخفض المجالات المغناطيسية بسرعة كلما بعد الأشخاص أو الأجهزة المتعرضة للمجال عن مصدر المجالات المغناطيسية المنبعثة.

فى بعض الحالات، يتم معالجة المجالات المغناطيسية عن طريق تغيير موضع المعدات الكهربائية (أى تغيير موضع مصدر المجالات) إلى موضع آخر.فعليا، فإن تحريك الكابلات أو خلايا توزيع الكهرباء أو المحولات تكون مكلفة....و فى حالات كثيرة أيضا، يمكن أن يكون التحرك إلى موقع معين هو العلاج.... بينما يمكن أن تحدث مشاكل فى مواقع أخرى.

إذا لم نتمكن من تحريك مصادر المجالات المغناطيسية، فإنه يمكن دراسة تحريك المعدات المتأثرة بالمجالات أو تغيير المواضع المتأثرة. مثلا فى المبانى، و فى حالة عدم وجود مساحات زائدة، فيمكن إستبدال حجرة المكتب المتأثر بالمجالات مع المكان الخاص بالمخازن أو مع حجرة الإستقبال.....لأن هذه الحجرات غير مستخدمة للأجهزة المتأثرة بالمجالات المغناطيسية مثل الحاسبات الآلية.

2- الإلغاء الطبيعى (Enhance natural cancellation)

فـــى بعـــض الحـــالات، يمكـــن عمـــل تغييـــر فـــى تـــشكيل التوصـــيلات (wiring configurations) بغرض الحذف الطبيعى للمجالات المغناطيسية بـــين الموصـــلات الفردية فى الدوائر الكهربائية.

على نحو وثيق، فإن جميع دوائر توزيع القدرة (AC) ، تحـــذف طبيعيـــا المجـــالات المغناطيسية، والتى يمكن أن تنخفض المجالات الصادرة منها بشدة فى الحالات الآتية:

- إن كانت جميع الموصلات فى الدوائر مرتبة (arranged) أو محكمة الـــشد معا فى صورة حزمة أو رزمة (bundled tightly)
- تساوى التيارات المعاكسة (opposing currents) (المارة فى الطـــور و مسار التعادل)
- عدم وجود مسارات للتيار الأرضى (ground current) او التيار الـــصافى (net current)

غالبا ما تستخدم هذه التقنيات بمعرفة المرافق عند تصميم خطـــوط الجهـــد العـــالى و خطوط التوزيع و ذلك بغرض تخفيض مستويات المجالات EMF بالمبانىالقريبة من المنشآت الكهربائية.

من أمثلة ذلك أن يتم إستخدام كابلات متقاربة و متجاورة لبعضها بدلا مـــن القـــضبان الرئيسية (bus bars).

فى بعض الحالات يمكن أن تخلق التوصيلات الخاطئة بالمبانى مرور التيـــار الـــصافى (net-current) و الذى بدوره يسبب إنبعاث المجالات المغناطيسية التى تنتشر علـــى مساحة كبيرة يصعب جدا أن يتم تحجيبها.

3- نظم الأرضى (Grounding Systems)

تعتبر ظاهرة تيـــارات الأرضـــى (ground currents) أو تيـــارات أنابيـــب الميـــاه (Plumbing currents) أحد أكثر المصادر الشائعة لزيـــادة مـــستويات المجـــالات المغناطيسية فى المناطق السكنية و المبـــانى التجاريـــة. مـــن المعلـــوم أن التيـــارات الكهربائية المغذية للمبانى تمر فى موصـــل الطـــور (phase conductor) و تعـــود

لإستكمال دائرتها فى موصل التعادل (neutral conductor). يكون موصلى الطـور و التعادل متقاربين جدا عندئذ تتلاشى أغلب المجالات المغناطيسية. بمعنـى آخـر، أن المجال المغناطيسى الصادر من موصل الطور يكون مساويا للمجال المغناطيسى الصادر من موصل التعادل و فى إتجاه معاكس.

من الملاحظ أن التيار يمر خلال رباط أرضى التعادل و إلى شبكة أنابيب المياه و منها إلى المواسير الرئيسية لمرفق المياه بالمنطقة. لهذا السبب ، و الذى يحول فعليا تيـار التعادل إلى مشكلة ، جاءت التسمية " تيارات أنابيب المياه".

فى المبانى التجارية الكبيرة، إن وجود كل من: صلب المبنـى المـؤرض، و مفـاتيح تحويل مصادر القدرة عند إنقطاع التغذيـة (uninterruptible power supplies) يؤدى إلى تيار صافى أكثر تعقيدا. و على الرغم من ذلك، فإن العلاج ممكن. من الطرق البسيطة و الشائعة للعلاج أن يتم تغيير مكان موصلات الأرضى.

ثانيا :تحجيب المجال المغناطيسى

(Magnetic Field Shielding)

من المعلوم أن تحجيب المجالات المغناطيسية (Shielding AC magnetic fields) الناتجة من التيارات المترددة، تكون صعبة و مكلفة. عند الترددات المنخفـضة بـشدة (Extremely Low Frequency) (ELF) أو عند تـرددات التيـارات المتـرددة (AC) ، يكون تغيير كل من المجالات المغناطيسية و المجالات الكهربائية مستقلاً عن الآخر. على الرغم من أن أغلب مواد البناء الشائعة تعوق المجالات الكهربائية، إلا أن المجالات المغناطيسية تمر،بدون أن تنخفض، خلال الأرض و الأسمنت و أغلب مـواد البناء بما فيها الخشب و الحوائط الجافة حتى الطبقة الرقيقة من الرصاص.

تعتبر بعض أنواع التحجيب هى الطريق الأفضل لمنع أو تخفيض المجالات المغناطيسية الناتجة من التيار المتردد (AC) . من المعروف أن تحجيب المجـالات المغناطيـسية يكون الأقل فاعلية (least effective) و الأصلب (hardest) ، و الأكثر تكلفة و التى تكون مطلوبة لمعالجة المجالات المغناطيسية الناتجة من ترددات القدرة.

يصنف التحجيب المغناطيسىإلى:

- تحجيب تأثرى (passive shielding) و الذى يطلق عليه التحجيب المغناطيسى لأنه النوع الأكثر شيوعا، و فيه تستخدم ألواح معدنية لها خاصية الإنفاذية العالية أو لها موصولية كهربائية
- تحجيب فعال (active shielding) (أو التحجيب الإلكترونى (electronic shielding) أو تحجيب فعال بتغذية خلفية -active-feedback shielding)) فى هذا النظام يتم تخليق- بمنطقة محدودة- مجال مغناطيسى له نفس قيمة المجال المنبعث و فى عكس الإتجاه و بالتالى تكون النتيجة حذف أو تخفيض المجال المغناطيسى إلى أقل قيمة ممكنة.

عموما يمكن علاج المجالات المغناطيسية إما بإستخدام التحجيب الفعال أو التأثرى أو الإثنين معا. فيما يلى سنتعرض لكلا النوعين.

أولا: التحجيب المغناطيسى التأثرى (passive magnetic shielding) أو التحجيب المغناطيسى (magnetic shielding)

يعمل التحجيب بسهولة و كفاءة لحجب المجالات المغناطيسية منخفضة الترددات، وذلك بإستخدام أى لوح معدنى، أو حاجز معدنى (metal screen) ، أو سياج معدنى (metal fencing) بشرط أن يؤرض المعدن.

و من المعلوم، أنه لا توجد مادة معروفة يمكنها حجب أو منع المجالات المغناطيسية بالكامل.و لكنها فقط تعمل على تغيير إتجاه المجالات المغناطيسية بعيدا عن الغرض المراد حمايته من المجالات المغناطيسية فى حالة وجود ترددات الراديو (Radio frequency)RF فيتم تحجيبها بإستخدام أى من هذه المواد: النحاس أو الألومونيوم أو الصلب المجلفن.. جميع هذه المواد تعمل عند الترددات العالية من خلال موصوليتها (conductivity) العالية. على خلاف ذلك نجد أن تحجيب المجالات المغناطيسية يعتمد على الإنفاذية العالية لجذب المجالات المغناطيسية.

تتميز مواد تحجيب RF بإنفاذية منخفضة جداً، و على ذلك فـإن سـبائك التحجيـب المغناطيسى أصبحت تستخدم بصورة شائعة للحماية ضد كل من المجالات المغناطيسية و تداخلات RF.

حصريا يتم تحجيب المجالات المغناطيـسية بإسـتخدام المـواد الحديديـة (ferrous metals)، [و هى أى فلزات (معادن) يدخل الحديد فى تركيبها أو يتشابك معهـا. و هى تشمل كافة أنواع الحديد و الفولاذ] ، مثل معـدن Mu (Mu-metal) أو ألـواح صلب سميكة لتوليف تقنيـة التحجيـب المعـرف بإسـم " إنتقـال المجـال" (Flux Shunting) تعتمد هذه التقنية على إزاحة المجالات المغناطيسية، و التـى يمكـن أن تكون غير ملائمة لأنها تخلق مشاكل جديدة فى المحيط الخارجى لحيـز التحجيـب، و تعرف هذه الظاهرة باسم " الطبقة الشبيهة بالغبار السطحى" (blooming) . و التـى تنتج عيوبها من سمك و وزن شرائح التحجيب الصلب حيث تمثل صـعوبة إنـشاءات التحجيب فى المبانى القائمة. علاوة على ذلك فإن " إنتقال المجال" يكون بعيد الإحتمال بدون جهد و تكلفة عالية، بغرض تخفيض المجال لأقل من 10mG (و هـى القيمـة العليا لمستوى التداخل لأغلب التسجيلات).

كيف يعمل الحجاب المغناطيسى

تعمل مواد الحجب المغناطيسى على توجيه المجال المغناطيسى لوجهه جديدة و عليـه ينخفض تأثير المجال عن الغرض المطلوب عمل الحجاب المغناطيسى له.إن الحجاب لا يحذف و لا يقضى على المجالات المغناطيسية ، ولكن يكون عمل الحجاب هو تجهيـز مسار سهل للمجال المغناطيسى و ذلك لإستكمال مساره.

عند وضع حجاب بجوار غرض متعرض لمجال مغناطيسى، صادر من قضيب ممغـنط، عندئذ لن يتغير عدد الخطوط الداخلة و الخارجة بالفراغ الموجود به الغرض.

و على ذلك ، فإن الخطوط تتجه للإنتقال خلال مادة الحجاب و تنخفض، ولا تتلاشـى ، و لذا يظهر التساؤل: ماذا يمر خلال الغرض الموضوع له الحجاب؟

هذا يدفعنا إلى التفكير فى : ما هو نوع المادة التى يمكن أن تجهز مسار للمجالات المغناطيسية و بالتالى يمكن إستخدامها كحجاب. وعليه ينجذب المجال إلى مادة الحجاب، لتبرير ما إذا كان المجال ينجذب إلى المادة (مادة فرومغناطيسية)[1] (ferromagnetic material) التى يكون لها بعض خصائص التحجيب المغناطيسى.

فمثلا يحتوى باب الثلاجة (refrigerator) على تحجيب مغناطيسى (magnetic shielding)

يعتمد الحجاب على شدة (strength) المجال المغناطيسى و كمية المجال المستغلة (المقاس الطبيعى للحجاب).

يخضع تصميم الحجاب للمعادلة الآتية:

$$B = (1.25*D*H_o)/t$$

حيث:

B= Flux density in the shield material in gauss

=كثافة فيض مادة الحجاب(بوحدة جاوس)

D= Diameter or diagonal of the shield in inches

=القطر أو الخط القطرى للحجاب (بوحدة البوصة)

H_o=Ambient or source field in gauss

=مجال المصدر أو المحيط (بوحدة جاوس)

t = Thickness of the shield in inches

=سمك الحجاب(بوحدة البوصة)

و تكون كثافة الفيض B هى شدة المجال المغناطيسى الذى يلزم توجهه إلى جهة جديدة من خلال الحجاب المغناطيسى.

---

(1) فرومغناطيسية: صفة تطلق على المواد التى تكون إنفاذيتها أكبر بكثير من إنفاذية الفراغ، و التى يمكن مغنطتها إلى درجة ملحوظة فى مجال مغناطيسى خارجى.

يستخدم فى التحجيب الكهرومغناطيسى (Electromagnetic shielding) مواد محددة الخصائص فى صورة حواجز (barriers) أو أغلفة (enclosures) بغرض تخفيض مستويات المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية فى الحيز المطلوب.

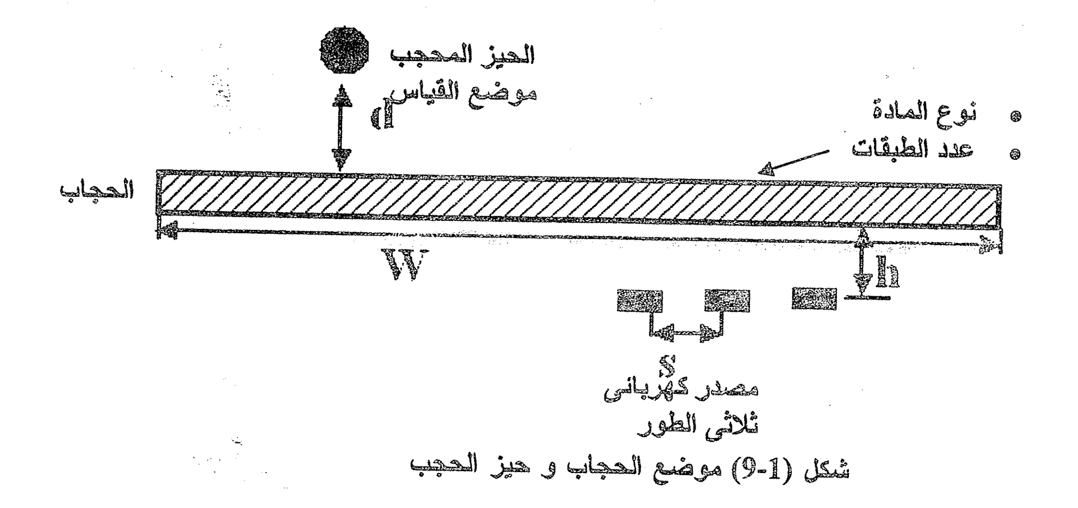
بالنسبة للمجالات المغناطيسية الناتجة من الترددات المنخفضة بشدة (ELF) (Extremely Low Frequency) ، فيجب أن تكون لمادة الحجاب موصولية كهربائية (electrical conductivity) مميزة و/أو إنفاذية (permeability) مميزة أيضا.

تنسب هاتان المادتان تبعا لقاعدتين أساسيتين لتقنية حجب المجال المغناطيسى هما: حجب التيار الحادث (induced-current shielding) و إنتقال المجال (Flux-shunting) و ذلك على التوالى.

عموما تعتمد التيارات الحادثة و المغناطيسية بمادة الحجاب على جميع أشكال و أوضاع المصادر المؤثرة على الحجاب. ويعتمد كل من الحيز المطلوب له الحجب، و كمية المجال التى يجب أن تنخفض على كل هذا الحيز على العوامل الآتية:

- قيمة المصدر (source magnitude)
- هندسة الحجاب (shield Geometry)
- تركيب الحجاب (shield composition)
- موضع الحجاب و المصدر (location of the shield and source)

يوضح شكل (1-9) هذه العوامل.



شكل (9-1) موضع الحجاب و حيز الحجب

مواد الحجب (Shielding materials)

سنتعرض فيما يلى للمواد التالية:

- معدن ميو (Mu-metal)
- مادة شبكية (NETIC)
- مادة شبكية مترابطة (CO-NETIC)

معدن "ميو" (Mu-metal)

يكون معدن " ميو" عبارة عن سبيكة من النيكل و الحديد (والذى يتكون تقريبا من 75% نيكل & 15% حديد بالإضافة إلى نسب من النحاس و موليبدنوم (Molybdenum)) و لهذا المعدن إنفاذية مغناطيسية عالية جداً. يرمز للإنفاذية بالحرف اليونانى μ أى "ميو" (Mu) و من هنا جاءت تسمية المعدن.

خاصية الإنفاذية العالية تجعل معدن "ميو" فعال جداً لحجب المجالات المغناطيسية الأستاتيكية و المجالات منخفضة الترددات، و التى لا يمكن أن تنخفض بالطرق الأخرى.

يحتاج معدن "ميو" لمعالجة حرارية خاصة- حيث تلدن (annealing) فى جـو مـن الهيدروجين ، و الذى يؤدى إلى زيادة الإنفاذية المغناطيسية لحوالى 40 مرة.

تؤدى عملية التلدين إلى تغيير البناء البلورى للمادة، حيث يصطف الترتيب الحبيبـى و تتحرك بعض الشوائب (impurities) ، و خاصة الكربون.

يمكن أن تؤدى المعالجة الميكانيكية لتشوه إصطفاف الترتيب الحبيبى للمـادة ، لـذلك تسبب حدوث هبوط فى الإنفاذية فى الحيز المتأثر، والذى يمكن تجديده بإعادة مرحلـة التلدين الهيدروجينى.

يستخدم معدن "ميو" لتحجيب المعدات من المجالات المغناطيسية، من أمثلة ذلك:

1- غرف تفريغ لتجارب إلكترونات الطاقة المنخفضة ، مثال ذلك الأسبكتروسكوب و الخاص بقياس الظواهر الطيفية (photoelectron spectroscopy)

2- معدات التصوير بالرنين المغناطيسى

3- مغنيطومتر (magnetometer) (مقياس شدة المجـالات المغناطيـسية) و المستخدم فى تسجيل الدماغ بيانيا (magnetoencephalography) و فى تسجيل نبضات القلب بيانيا (magnetocardiograph)

4- المضاعف الضوئى (photomutiplier)

(عبارة عن صمام ضوئى به عدد من الأنودات تعمل علـى تـضخيم التيـار الإلكترونى عن طريق إنبعاث الكترونيات ثانوية منه)

5- أنابيب أشعة الكاثود المستخدمة فى مرسمة القياس للتذبذبات (Cathode-ray tubes used in analog oscilloscopes)

6- محولات القدرة الكهربائية (electric power transformer)

حيث يستخدم غلاف من معدن "ميو" لمنع حدوث تـداخلات و تـأثيرات مـن الدوائر الكهربائية الغريبة

7- الأقراص الصلبة (Hard drives)

و الذى يحتوى على حاجز من معدن "ميو" خلف المغناطيس الموجود بمـدير الحركة

8- الدوائر ذات الموصولية الفائقة[1] (superconducting circuits)

خصائص معدن "ميو"

- إنفاذية مغناطيسية عالية (High magnetic permeability)

و هى تعنى مقياس لمقدار تقبل المعدن (كوسط) لمرور خطـوط القـوى المغناطيسية خلاله

- قوة قهرية مغناطيسية منخفضة جدا (very low coercive force)

و هى تعنى القوة المغناطيسية اللازمة لإزالة التمغنط حتى تصبح كثافـة الفيض المتبقية فى المادة الفرومغناطيسية و التى سبق مغنطتها صفرا، أى أنها القوة اللازمة بالكاد للتخلص من المغناطيسية المتخلفة فى هـذه المادة.

- مفقودات القلب صغيرة جدا (very low core losses)
- إستبقائية منخفضة (low remanence)

و التى تعنى تخلف الفيض المغناطيسي فى المادة المغناطيسية بعد زوال القوة الممغنطة. و يتم تخفيضها عن طريق عملية تلدين (annealing)

مثال لشكل ألواح معدن " ميو"

العرض(width) :30'' (76.2 cm)

السمك (thickness):0.014, 0.020, 0.025, 0.030, 0.040, 0.050, 0.062''

(0.36 , 0.51, 0.64, 0.76,1.02, 1.27,1.57 in mm)

الطول(length) : 120'' (3.048m)

---

(1)الموصولية الفائقة: خاصية كهربائية تبدى فيها الموصلات مقاومة غاية فى الإنخفاض حتى أنه يمكن إهمال قيمتها. و يصاحب هذه الخاصية ظاهرة إنخفاض المقاومـة الكهربائيـة للموصـلات المعدنية عندما تبرد إلى ما دون درجة حرارة الغرفة، و يستمر الإنخفـاض فـى المقاومـة مـع مواصلة التبريد.

يوضح جدول (1-9)

مثال المكونات الكيميائية النموذجية (كنسبة من الوزن)لمعدن "ميو"

جدول (1-9) المكونات النموذجية لمعدن "ميو"

المادة	الرمز	الوزن%
نيكل	Ni	80.20
موليبدنيوم	Mo	4.85
منجنيز	Mn	0.50
سيليكون	Si	0.30
كروم	Cr	0.02*
كوبلت	Co	0.02*
كربون	C	0.015
ألومنيوم	Al	0.01*
فسفور	P	0.005*
كبريت	S	0.001*
حديد	Fe	المتبقى

* أقصى نسبة

المواد الشبكية و الشبكية المترابطة (NETIC&CO-NETIC)

من مواد الحجب المستخدمة لعلاج التداخل المغناطيسي الناتج عن الترددات المنخفضة سبائك شبكية يرمز لها بالرموز CO-NETIC &NETIC. هذه السبائك متاحة فى شكل ألواح أو رقائق معدنية بمقاسات مختلفة السمك.

من مواد الحجب:

- مادة شبكية، NETIC S3-6

فى مجالات الشدة العالية (high intensity) ، تفضل المادة NETIC S3-6 لأن من خصائصها:

  - التشبع المغناطيسى العالى (high magnetic saturation)
  - متاحة فى شكل صفائح أو شرائح ، و فى مدى سمك مناسب و بعرض"24 أو "30 يوضح جدول (2-9) الخصائص الفيزيائية و المغناطيسية لسبائك NETIC S3-6

- سبائك شبكية التلدين (Annealing NETIC Alloys)

للحصول على خصائص مغناطيسية مثالية ، فيجب أن تلدن مادة NETIC عند درجة حرارة 1550 فهرنهيت (أو 843 درجة مئوية)

- سبائك شبكية مطلية (Coating NETIC Alloys)

خلال فترة ممتدة ، تتأكسد مادة NETIC ، ولذا يلزم إعداد سطح المادة قبل عملية الطلى.

- سبائك شبكية مترابطة B,AA (CO-NETIC AA and B)

فى مجالات منخفضة الشدة (low intensity) تستخدم سبيكة CO-NETIC AA للإستفادة من الإنفاذية الأولية العالية (initial permeability) و ما يتبعها من خصائص التوهين[1] (attenuation) ، و هذه المادة إما أن تكون "تلدن إجهادى"

---

(1) التوهين: التضاؤل المطرد فى الفراغ للقيمة الذروى لكميات معينة (للجهد أو التيار مثلا) نتيجة لإنتشارها أو لنقلها بواسطة موصل أو أية ترتيبة أخرى تتسبب فى المضاء له

(perfection annealed) "أو "تلدن مثالى (Stress annealed)

يختلف تشكيل سبيكة الشبكية المترابطة B إختلافا بسيطا عن سبيكة الشبكية المترابطة AA و لها خصائص توهين بين السبيكة CO-NETIC AA و السبيكة NETIC S-6

جدول (2-9) الخصائص الفيزيائية و المغناطيسية لسبائك شبكية التلدين[20]

NETIC S3-6 Stress annealed	البيانات *	م
7.86	Specific gravity الوزن النوعى	1
13.7	Coefficient of expansion per °C*10^{-6} معامل التمدد	2
42	Strength Tensile PSI*10^{3} مقاومة الشد	3
27	Yield strength PSI *10^{3} مقاومة الخضوع	4
30	Modulus of elasticity PSI*10^{6} معامل المرونة	5
38%	Elongation in 2 inches إستطالة (لعينة 2 بوصة)	6
2790°F 1532°C	Melting Point نقطة الإنصهار	7
0.118	Thermal conductivity الموصولية الحرارية (cal/sec/cm^{2}/cm/°C) at 20°	8
11	Electrical resistivity (micro-ohm-cm) المقاومية الكهربائية	9
21,400	Saturation induction (gauss) حث التشبع	10
200	Initial Permeability الإنفاذية الأولية	11
300	(Permeability at 40B) الإنفاذية عند 40B	12
500	(Permeability at 200B) الإنفاذية عند 200B	13
4,000	max. permeability أقصى إنفاذية	14
8,000	max at μ max . الحث عند أقصى μ	15
1.0	coercive force Hc, oersteds قوة قهرية	16
1420°F 770°C	Curie temp درجة حرارة كورى	17
4°K	min. operating temp. أدنى درجة حرارة	18

* التعريفات بملحق (3)

و هذه الخاصية مفيدة فى تطبيقات محددة حيث تستخدم فـــى حالـــة عـــدم الإحتيـــاج لإستخدام السبيكة AA عالية التوهين.

- سبائك شبكية مترابطة التلدين (Annealing CO-NETIC Alloys)

تكون ألواح سبائك التلدن الإجهادى (Stress annealed) فى شـــكل مقـــوى و شائعة الإستخدام فى التصنيع. و للحـــصول علـــى أقـــصى خـــصائص للتحجيـــب المغناطيسى ، فإنه يلزم تلدين الحجاب بعد التصنيع. يمكن تصنيع ألـــواح التلـــدن المثالى (Perfection annealed) إلى أحجبـــة و التى لا تحتـــاج إلى تلـــدين زائد و ذلك إذا أمكن تجـــنب التشـــكيل الـــصارم أو اللحـــام القوســـى الهليـــومى (heli-arc welding)(والذى فيه يحجب الهليوم منطقة اللحام لمنع الأكسدة) تكون رقائق التلدين المثالى ذات مساحة مقطع صغيرة جداً ، لذا تجهز على صورة لفات أسطوانية لها أقل فقد للحجب المغناطيسى.

- سبائك شبكية مترابطة مصقلة (Finishing CO-NETIC Alloys)

نتيجة إحتواء السبيكة CO-NETIC AA على محتوى نيكل (nickel) عـــالى، فإنها تكون مقاومة جداً للتآكـــل (corrosion). بعـــد تلـــدين المـــادة فـــى جـــو هيدروجينى ، تبدو المادة فى حالة نقية و سطح ساطعا.

يوضح جدول (3-9) الخصائص الفيزيائية و المغناطيسية لسبائك CO-NETIC

يراعى بالجدول الآتى:

- البيانات المغناطيسية لمواد الألواح المعروضة بالجدول مقاسة فى مجال DC
- يجب تلدن مواد "التلدن الإجهادى" بعد التصنيع و ذلك للحصول علـــى خـــصائص حجب مغناطيسى مثالى

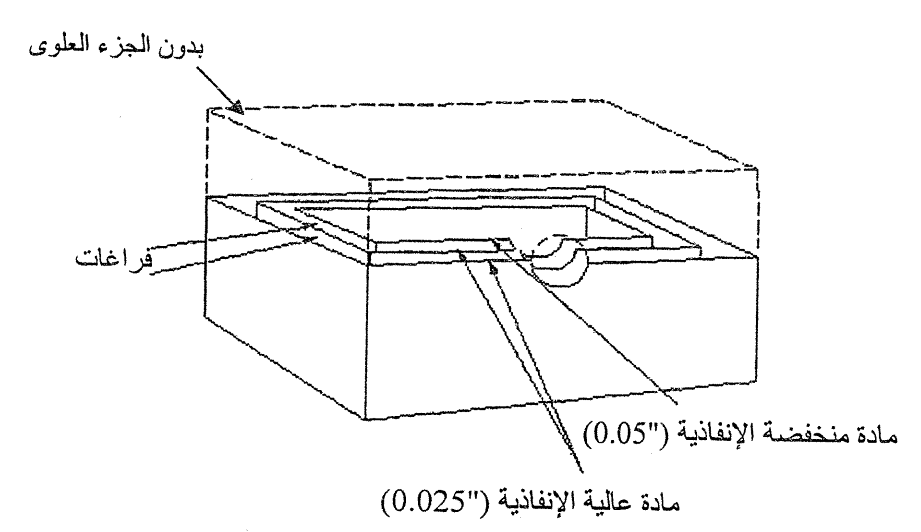
جدول (3-9) الخصائص الفيزيائية و المغناطيسية لسبائك شبكية مترابطة (CO-NETIC)

م	البيانات*	CO-NETIC AA (تلدن مثالى)	CO-NETIC AA (تلدن إجهادى)	CO-NETIC B (تلدن أجهادى)
1	الوزن النوعى Specific gravity	8.74	8.74	8.18
2	معامل التمدد Coefficient of expansion per °C*10^{-6}	12.6	12.6	8.3
3	مقاومة الشد Tensile strength PSI*10^3	64	85	80
4	مقاومة الخضوع Yield strength PSI*10^3	18.5	33	27
5	معامل المرونة Modulus of elasticity PSI*10^6	25	30	24
6	أستطالة Elongation in 2 inches	27%	32%	32%
7	نقطة الإنصهار Melting Point	2650°F 1454°C	2650°F 1454°C	2600°F 1427°C
8	الموصولية الحرارية Thermal conductivity (cal/sec/cm2/cm/C°) at 20°C	0.138	0.138	0.037
9	المقاومية الكهربائية Electrical resistivety μΩ.cm	55	55	48
10	حث التشبع Saturation induction (gauss)	8,000	بعد إجراء التلدين المطلوب، تصبح الخصائص المغناطيسية مثل خصائص ألواح التلدن المثالى	15,000
11	الإنفاذية الأولية initial permeability	30,000		8,000
12	الإنفاذية عند 40B (Permeability at 40B)	75,000		12,000
13	الإنفاذية عند 200B (Permeability at 200B)	135,000		30,000
14	أقصى إنفاذية Max. permeability	450,000		150,000
15	الحث عند أقصى μ induction at μ.max	3,000		7,000
16	قوة قهرية Coercive force Hc ,oersteds	0.015		0.05
17	درجة حرارة كورى Curie temp.	850°F 454°C	850°F 454°C	840°F 449°C
18	أدنى درجة حرارة Min. operating temp.	4°K	4°K	4°K

PSI=Pounds Force per Square inch
= 0.068983 bar

* التعريفات بملحق (3)

الخلاصة أن التحجيب التأثرى (Passive shielding) هو نظام لتغليف حجم معين أو جزء منه بألواح معدنيــة ذات موصــولية مغناطيــسية عاليــة (high magnetic conductivity) (أى إنفاذية عالية Permeability) أو ذات موصولية كهربائيــة (electrical conductivity) يوضح شكل(2-9) مثال لإستخدام التحجيب التــأثرى بمعدنين أحدهما عالى الإنفاذية و بسمك "0.025 و الآخر منخفض الإنفاذيــة (اى ذى تشبع عالى) و بسمك "0.05



شكل (2-9) محتويات التحجيب التأثرى لمصادر مجالات مغناطيسية موضعية

تطبيقات:

من مكونات الشبكات الكهربائية القابلة لتطبيقات التحجيب المغناطيسى التأثرى:

- كابلات القدرة (**Power cables**)
- محولات التوزيع: جهد متوسط / جهد منخفض
  (**MV/LV Distribution transformers**)
- مجموعة مفاتيح الجهد المنخفض (**LV switchgear**)

يمكن استخدام حجاب معدنى من : معدن ميو(μ-metal) (مثل سبائك "Si-Fe" أو "Ni-Fe")، الألومنيوم، أو تركيبه من معدن ميو/الألومنيوم.

عند إستخدام تحجيب بسيط ، أى لوح أو غلاف واحد فقط ، عندئذ تنخفض فقط المجالات المغناطيسية الشديدة الصادرة مباشرة من المصدر. للوصول إلى القيم القياسية العالمية لمستويات المجالات المغناطيسية فإنه يمكن إستخدام نظام تحجيب مغناطيسى أكثر تعقيدا و تكلفة أعلى مثل تركيبة من معدن ميو و الألومنيوم.

عامل التحجيب و التوهين

يقاس أداء نظام التحجيب بعامل التحجيب (Shielding factor)

يعرف عامل التحجيب (والذى يطلق عليه أيضا عامل إنخفاض المجال field reduction factor) بأنه النسبة بين المسافة التى عندها خط تساوى المجال المغناطيسى يكون 1-μT (1-μT isolines) قبل و بعد تركيب نظام التحجيب

يوضح شكل (3–9) تمثيل للوحة مفاتيح جهد منخفض كمصدر لإنبعاث المجالات المغناطيسية و مبين على الرسم المحل الهندسى لخطى تساوى المجال المغناطيسى (1-μT) قبل و بعد تركيب نظام تحجيب مغناطيسى

نحصل على عامل التحجيب (F) من المعادلة:

F=b/a

حيث:

a= vertical extension of 1-μT isolines magnetic field without shielding

= إمتداد رأسى لخط تساوى المجال المغناطيسى (1-μT) بدون التحجيب

b= vertical extension of 1-μT isoline magnetic field with shielding

= الإمتداد الرأسى لخط تساوى المجال المغناطيسى 1-μT فى وجود التحجيب

يوضح جدول (4-9) نتائج عامل التخفيض (أو عامل التحجيب) عند تطبيــق تحجيــب مغناطيسى بطرق متعددة للوحة مفاتيح جهد منخفض (كمصدر للمجال المغناطيسى) توصف ترتيبة التحجيب (shield arrangement) طبقا لوضع اللوح المعــدنى مــن لوحة مفاتيح الجهد المنخفض (كمصدر للمجال) كالآتى:

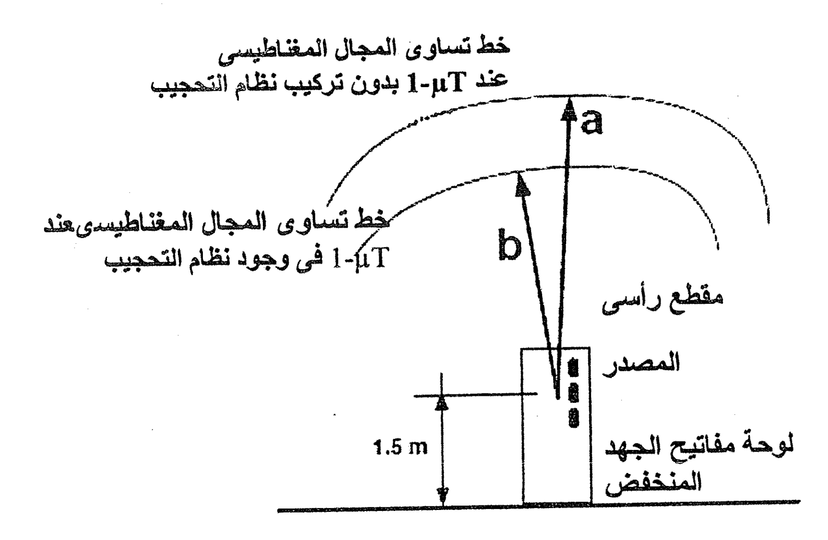
- خلف (back) المصدر
- أمام (front)
- أعلى (above)
- على شكل زاوية (angle)
- لوح كامل (full plate)
- نصف لوح (half plate)

يوضح شكل (4-9) تمثيل لأنواع ترتيبة التحجيب و وضعها

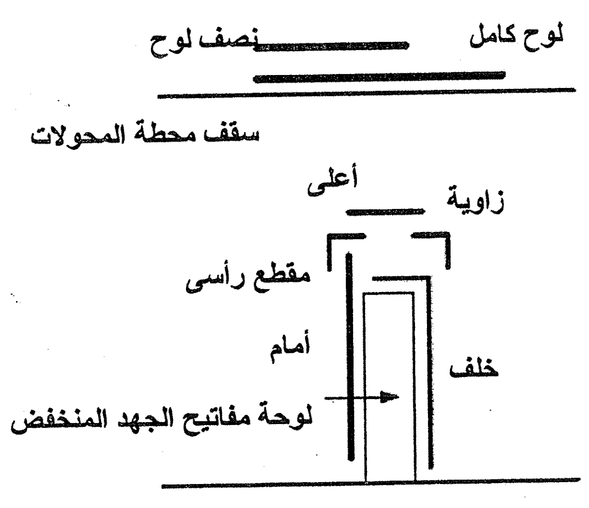
فى حالة كابلات الجهد المنخفض يتم التحجيب المغناطيسى بإحدى الطرق التالية:

- التطويق الكلى (Fully enclosed)
- تحجيب على شكل حرف U فوق الكــابلات (U-shaped shielding over cables)
- تحجيب على شكل حرف U فوق الكابلات و مجرى أسفل الكابل من الــصلب المثقوب

يوضح جدول (5-9) قيم عامل التحجيب عند تطبيق تحجيب كابلات الجهد المــنخفض بالطرق المذكورة أعلاه



شكل (3-9) تمثيل للقيم a,b اللازمة لحساب عامل التحجيب



شكل (4-9) المصطلحات الفنية
لأماكن التحجيب المغناطيسية و المستخدمة فى جدول (3-9)

جدول (5-9) عامل التحجيب لكابلات الجهد المنخفض

(Description) الوصف	عامـــــل التحجيـــــب (Shielding Factor)
(Fully enclosed) التطويق الكلى	
التطويق الداخلى ألومنيوم 2 مم/ و الخارجى معدن ميو 0.35 مم **2-mm aluminum (internal)/0.35-mm µ-metal (external)**	**0.30**
التطويق الداخلى معدن ميو 0.35 مم / و الخارجى ألومنيوم 2 مم **0.35-mm µ-metal (internal)/2-mm aluminum(external)**	**0.40**
0.35-mm-µ-metal معدن ميو 0.35 مم	**0.40**
2 mm steel صلب 2مم	**0.50**
2mm steel (perforate) صلب مثقوب 2 مم	**0.55-0.85**
3 mm aluminum ألومنيوم 3 مم	**0.95**
تحجيب على شكل حرفU فوق الكابلات و مجرى أسفل الكابل من الصلب المثقوب **U-shaped shielding over cables and 2-mm steel (perforated) cable canal below**	
التطويق الداخلى ألومنيوم 2 مم/ و الخارجى معدن ميو 0.35 مم **2-mm aluminum (internal)/0.35-mm µ-metal (external)**	**0.55**
0.35-mm-µ-metal معدن ميو 0.35 مم	**0.60-0.85**
2 mm steel صلب 2مم	**0.60-0.85**
2mm steel (perforate) صلب مثقوب 2 مم	**0.55-0.85**
3 mm aluminum ألومنيوم 2 مم	**0.7**
U-shaped shielding over cables تحجيب على شكل حرف U فوق الكابلات	
2 mm steel صلب 2مم	**1.00**
0.35-mm-µ-metal معدن ميو 0.35 مم	**1.00**

من المؤشرات الأخرى التى يقاس بها أداء نظام التحجيب: التوهين
يعرف بأنه النسبة بين المجال المغناطيسى المقاس قبل إجـراء التحجيـب و المجـال المغناطيسى المقاس بعد التحجيب بالتوهين (attenuation). فمثلا ، إذا كان المجـال المغناطيسى المقاس قبل التحجيب يساوى 450 مللى جاوس، و المجال المقاس داخـل التحجيب يساوى 10 مللى جاوس فإن التوهين = 450/10 =45 مرة
أحيانا يعبر عن التوهين بـــdB (ديسبل) كوحدة قياس .أى أن

$$\text{Ratio in dB}=20\log_{10}(\text{shield ratio})$$

و تكون نتيجة المثال السابق:

$$\text{Ratio} = 20\log(45) = 33\ \text{dB}$$

جدول (4-9) نتائج تجربة التحجيب المغناطيسى للوحة مفاتيح جهد منخفض [24]

الوصف (Description)	ترتيب التحجيب (Shielding Arrangement)	المادة (Material)	خط التساوى الإرتفاع عن الأرض فى وجود التحجيب (1-μT isoline height from ground with shielding)	عامل التخفيض (Reduction Factor)
تحجيب لوحة مفاتيح الجهد المنخفض تحجيب جزئى Shielding on LV-switchboard partial shielding	back, above خلف وأعلى	2 mm steel صلب 2مم	4.45 m	0.89
	back, above, side خلف،أعلى ، جنب	2 mm steel صلب 2مم	4.45m	0.89
	back, above خلف وأعلى	0.35-mm-μ-metal معدن ميو 0.35 مم	4.20 m	0.82
	back, 2*above خلف و2*أعلى	0.35-mm-μ-metal معدن ميو 0.35 مم	4.10 m	0.79
	2*back, 2*above 2*خلف و2*أعلى	0.35-mm-μ-metal معدن ميو 0.35 مم	4.15 m	0.80
تحجيب لوحة مفاتيح الجهد المنخفض تحجيب كامل Shielding on LV-switchboard Complete shielding	front, back, above أمام،خلف، أعلى	2 mm steel صلب 2مم	4.30 m	0.85
	front, back, above, side أمام،خلف، أعلى ،جنب	2 mm steel صلب 2مم	4.30m	0.85
	Front, back,2*angle, 2*above	0.35-mm-μ-metal , open μ-metal and Al	3.85 m	0.71
	Front,2*back,2*angle,3*above	0.35-mm-μ-metal , open2* μ-metal and Al	3.20 m	0.52
	Front (lateral),back(lateral),2*angle, above	0.35-mm-μ-metal	3.05 m	0.47
	Front, back, 5*angle , bottom	0.35-mm-μ-metal	2.80 m	0.39
	Front (lateral), 2*back (lateral),5*angle, above	0.35-mm-μ-metal	2.70 m	0.36
	Front , 2*back, 5*angle, with insulation	0.35-mm-μ-metal	2.95m	0.44

تابع جدول (4-9) نتائج تجربة التحجيب المغناطيسي للوحة مفاتيح جهد منخفض [24]

الوصف (Description)	ترتيب التحجيب (Shielding Arrangement)	المادة (Material)	خط التساوى الإرتفاع عن الأرض فى وجود التحجيب (1-μT isoline height from ground with shielding)	عامل التخفيض (Reduction Factor)
تحجيب السطح (لوح كامل) Surface Shielding Full plate	Plate 3.85*2.8 m	2-mm Al/ 0.35-mm μ-metal	4.15 m	0.80
	Plate 3.85*2.8 m	0.35-mm μ-metal /2-mm Al	4.15 m	0.80
	Plate 3.85*2.8 m	3 mm Al	4.40 m	0.88
	Plate 3.85*2.8 m	0.35-mm μ-metal	4.35 m	0.86
تحجيب السطح (نصف لوح) Surface Shielding half plate	Plate 2*2.8 m	2-mm Al/ 0.35-mm μ-metal	4.65 m	0.95
	Plate 2*2.8 m	0.35-mm μ-metal /2-mm Al	4.65 m	0.95
	Plate 2*2.8 m	3 mm Al	4.80 m	1.00
	Plate 2*2.8 m	0.35-mm μ-metal	4.70 m	0.97
تقوية Reinforcement	Double grid behind switchboard	Steel grid	4.80 m	1.00
	Double grid on ceiling	Steel grid	4.80 m	1.00

ثانيا : التحجيب المغناطيسى الفعال (Active magnetic shielding) أو الحذف الفعال (active cancellation)

يستخدم التحجيب التأثرى (Passive shielding) ألواح معدنية شائعة الإستعمال للحجرات الفردية ، بينما يكون التحجيب الفعال هو التطبيق العملى لتخفيض المجالات الصادرة عن خطوط الكهرباء عند المستوى الكلى للمبنى، مثل الإنشاءات التجارية و السكنية و المدارس.

تعمل أنظمة حذف المجالات المغناطيسية الفعالة على علاج المجالات المغناطيسية الناتجة عن خطوط القوى الكهربائية أو أية مصادر أخرى ، وذلك عن طريق تخليق – بمنطقة محدودة–مجال مغناطيسى له نفس قيمة المجال المنبعث و فى عكس إتجاهه.

يوضح شكل (9-5) مثال لكابل مستخدم كمسار مغلق لتخليق مجالات مغناطيسية بنفس قيمة المجال المنبعث من الخط الهوائى و فى عكس إتجاهه.

يتكون نظام التحجيب الفعال من:

- الحساس (sensor) و هو العنصر المسئول عن مراقبة مجال خط القدرة الكهربائية
- وحدة القدرة و التحكم (Control and power unit)
- شبكة أو مسار ملفات الدفع (Network of driven coils)

يوضح شكل (9-6) مكونات نظام تحجيب مغناطيسى فعال

و يكون النظام عبارة عن مسار مغلق من السلك (أو كابل) يوضع حول المساحة المراد حمايتها من المجالات المغناطيسية و عن طريق وحدة التحكم يتم ضبط التيار المار فى هذا المسار بحيث يتساوى المجال الصادر منه تقريبا مع المجال الموجود فى المنطقة المحمية. يتعقب هذا النظام مجالات خط القدرة و يضبط لحظيا لتعويض التغيرات فى المجالات المغناطيسية التىتحدث طبيعيا نتيجة لتغير أحمال الخط. فى التطبيقات التجارية أو المدارس الشاسعة، فإن النظام يمكن أن يعطى قدرة غير محدودة فعليا، لإستقرار النظام و زيادة نسبة الحذف فإنه يتم ضبط "تصحيح الزاوية" (phase correction). فى حالات كثيرة ، يمكن وضع ملفات الدفع الخارجية تحت الأرض إذا

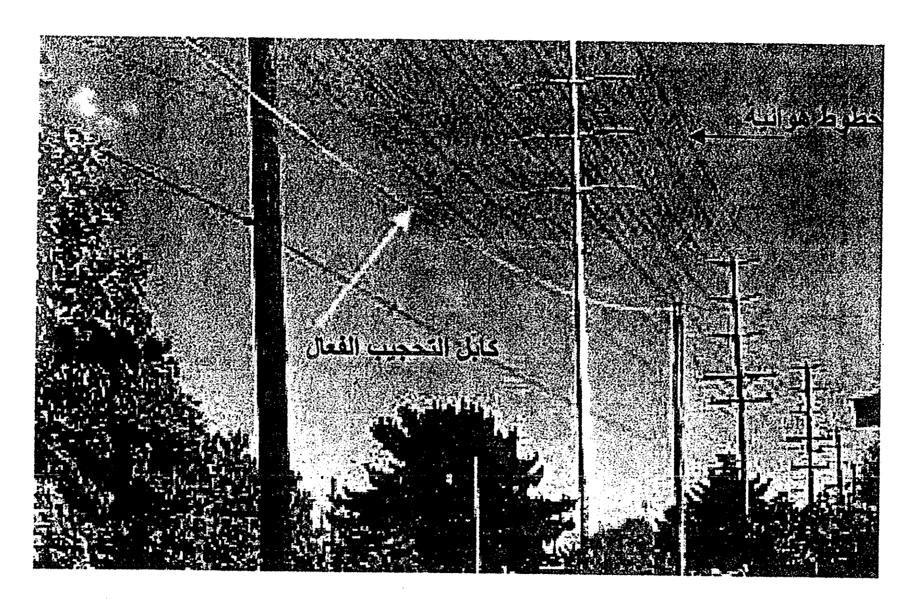
طلب أن تكون الملفات غير ظاهرة للنظر. و فى حالات أخرى ، توضع الملفات فى اماكن ظاهرة فوق الأرض طبقا للطلب. تكون التكلفة الكلية لنظام سكنى فى حدود تتروح من 4000 إلى 15000 دولار أو أكثر. بينما تكون التكلفة الكلية لنظام تجارى أو لمدرسة من 5000 إلى 60000 دولار إعتمادا على حجم المبنى و خصائص المجال.

لتوصيف التحجيب الفعال المطلوب لموضع معين، يحتاج إلى بيانات قياسات المجالات المغناطيسية، و بعض الصور الفوتوغرافية و رسم خطى للمبانى و الكثير من الأبعاد. و لا يمكن إعتبار نظام التحجيب الفعال نظام رزمى (backaged system) يمكن شراؤه و تركيبه بمعرفة العميل أو بمعرفة أى شخص. و ذلك لأن كل تطبيق يكون فريد أو مخصص للحالة المطلوبة بسبب أن البيانات المستخدمة تخص الحالة فقط ، مثل شدة المجال ، و زوايا المجال ، و المساحة المتاحة. و على ذلك فإن كل نظام يكون مصمما للتوافق مع حالات المجال عند الموقع و يتم تركيبه و تشغيله بمعرفة متخصصين.

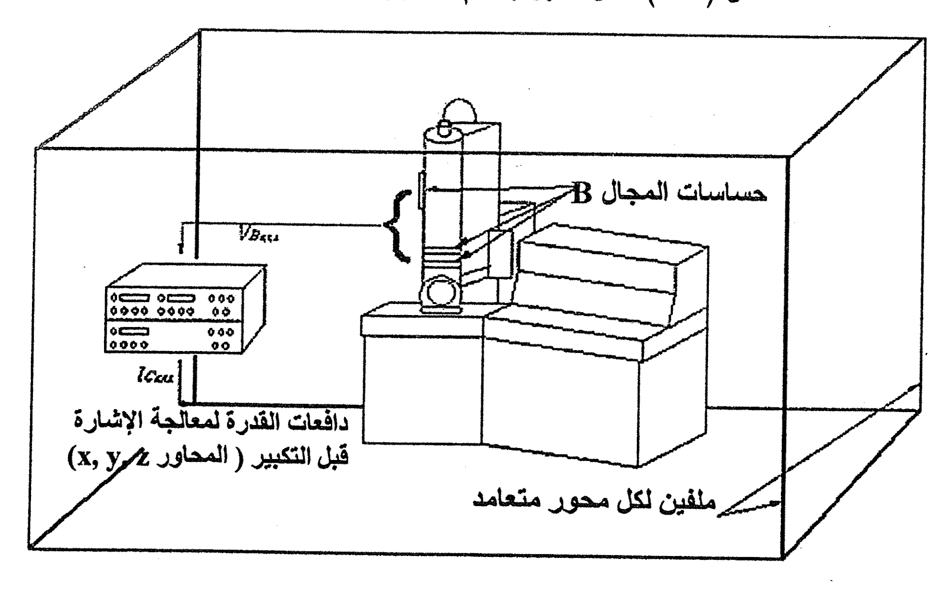
يوضح شكل (7–9) مثال لأداء نظام التحجيب الفعال لمبنى قريب من خطوط قدرة كهربائية و أن قياسات المجالات المغناطيسية مقاسة بالدور الثالث بالمبنى و ذلك قبل و بعد تشغيل نظام التحجيب الفعال.

و يوضح شكل (8–9) مثال لأداء نظام التحجيب الفعال لمبنى مغذى من كابل أرضى و أخذت قياسات المجالات المغناطيسية أثناء حالتى تشغيل و فصل نظام التحجيب الفعال .

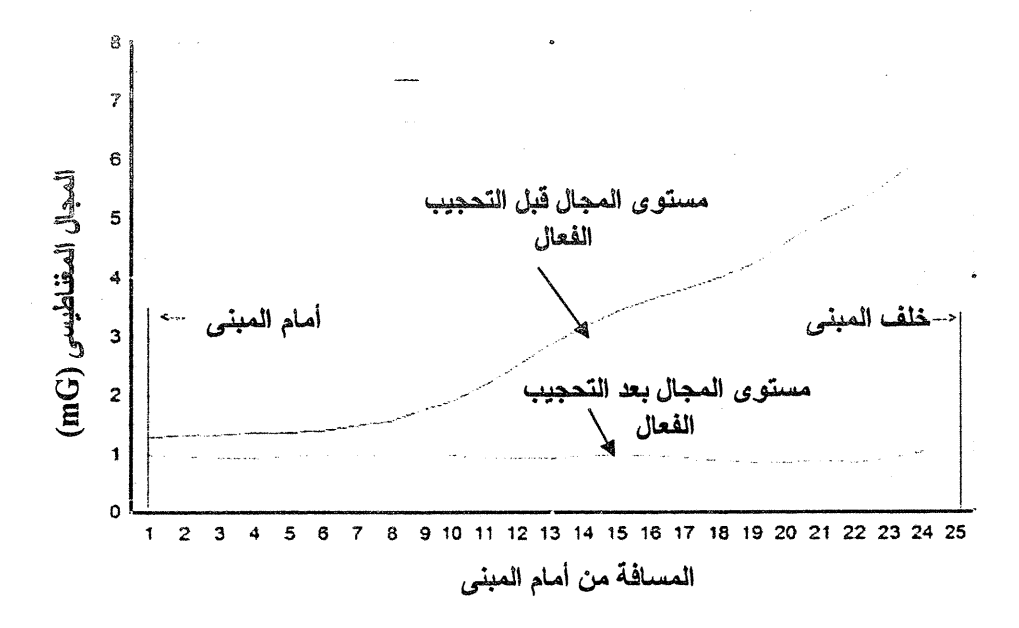
من عيوب نظام التحجيب الفعال، و المطبق فى موقع محدد الحجم، أن شدة المجال حول "ملف الحذف" (Cancellation coil) تكون أكبر من المجال الصادر من خط القدرة الكهربائية عندئذ تنتج محصلة يمكن أن تؤثر فى خصائص المجاورين للموقع المطبق به النظام.



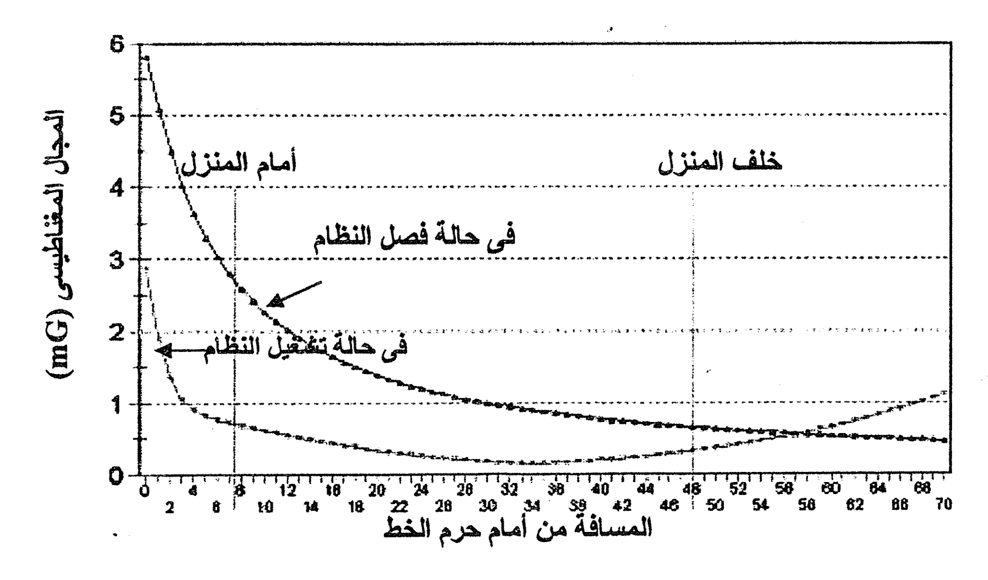
شكل (5–9) مثال لكابل بنظام التحجيب الفعال



شكل (6–9) مكونات نظام تحجيب مغناطيسى فعال



شكل (7–9) مثال لأداء نظام التحجيب الفعال



شكل (8–9) مثال لأداء نظام الحذف الفعال

الباب العاشر

المواصفات القياسية لحد التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية

Standards for Limiting EMF Exposure

عند دراسة تأثير صحة الإنسان المتعرض للمجالات المغناطيسية و الكهربائية عند الترددات المنخفضة يجب معرفة دليل إرشادى لقيم التعرض المسموح بها و اللوائح المنظمة لذلك و هو ما يعرف بالقيم القياسية العالمية.

صنفت المواصفات القياسية الإنسان المتعرض للمجالات إلى:

- العامة (general public)

  هم جميع الأشخاص الّذين يعانون من التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية، ما عدا هؤلاء الموجودين فى البيئة المتحكم فيها (Controlled environments)

- العاملون فى البيئة المتحكم فيها (Controlled environment)

  هذه البيئة هى المنطقة المتواجد بها هؤلاء المتعرضين لإجهادات المجالات الكهرومغناطيسية و المدركين لوجود جهود للتأثيرات العكسية. و تكون حدود المجال فى هذه المنطقة أقل من الحدود المؤثرة على الصحة.كذلك يضاف عامل أمان (Safety factor) للوصول إلى حد التعرض للعامة.

تكون الحدود الأساسية (القيود restrictions) الموصى بها فى المواصفات القياسية للتعرض الشديد للمجالات ELF تعطى فى صورة كثافة التيار (Current density) أو المجالات الكهربائية الناتجة فى الجسم بالتأثير. بالإضافة إلى القيود الأساسية يعطى أيضا أقصى مستوى للتعرض الموصى به للمجالات المغناطيسية و المجالات الكهربائية غير المزعجة، و التى تعرف أيضا بمستويات المرجع (reference levels). نحصل على مستويات المرجع من القيود الأساسية باستخدام نموذج حسابى أو بواسطة إستنتاج ملاحظات من تطورات محتملة الحدوث أو من نتائج دراسات معملية . بعض مواصفات التعرض تشمل أيضا على توصيات عن تيارات التلامس (contact currents) الناتجة من المعادن المزودة بالطاقة.

من المواصفات القياسية:

أ- المؤتمر الأمريكى لصحة عمال المصانع الحكومية (ACGIH)

(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

صممت هذه المواصفة لتحديد مستويات الأمان لعمال المصانع المتعرضين للمجالات الكهرومغناطيسية فى أماكن العمل. أوصت ACGIH بحدود موضوعة على أساس تقييم البيانات المتاحة من الأبحاث المعملية و دراسات تعرض الإنسان، و لتحديد التيارات الداخلية الحادثة لمستوى أقل من الذى يعتقد أن له تأثير عكسى على الصحة. تؤكد المواصفات ACGIH على أن قيم هذه الحدود يجب أن تستخدم كإرشاد للتحكم فى التعرض للمجالات و يجب ألا تعتبر حدود بين مستويات الأمان و مستويات الخطر.

ب- المجلس العالمى للحماية من الإنبعاثات غير المؤينة (ICNIRP)

(International commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

تعتبر هذه المواصفة من أشهر المواصفات القياسية للتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية و التى نشرت عام 1998. تغطى هذه المواصفة الترددات حتى 300GHz والتى أعتمدت بمعرفة عدد من الدول خارج أمريكا الجنوبية مع الإتحاد الأوروبى.

فى مدى التردد للمجال ELF ، تجهز القيود الأساسية فى صورة كثافة التيار (Current density) بغرض الوقاية من تأثيرات التعرض الشديد للمجالات على أنسجة مركز الجهاز العصبى للرأس و البدن. يستخدمعامل أمان (safety factor) يساوى 10 لتصميم مستويات التقييد لتعرض العمال للوقاية من تأثيرات المجال. لمدى الترددات من 4Hz إلى 1kHZ ، يكون التقييد الأساسى لتعرض العمال $10mA/m^2$ و فى حالة تعرض العامة يستخدم عامل إضافى يساوى 5 و النتيجة أن تكون القيود الأساسية $2mA/m^2$

ج-المواصفات القياسية العالمية IEEE C95.6

IEEE Standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3kHz

و التى تستخدم للمتعرض من العامة و أيضا للعمال بمواقع العمل (فى البيئة المتحكم فيها). هذه المواصفة تعرض قيم استرشادية للتعرض و تميز بين الأنواع المختلفة للأنسجة (مثل المخ و القلب و اليد و .....) عند القيود الأساسية.نحصل على معاملات الإحتمال من التجارب المعروفة بقيمة بداية توزيع الكهرباء المحفزة (electrostimualtion) و التى تزيد بواسطة عاملات الأمان (safety factors) المناسب، و المستخدمة للحصول على قيم رقمية للتعرض المسموح. تعطى القيود الأساسية للمناطق الخاصة بالأجسام فى صورة مجال كهربى خلال النسيج الإحيائى ، أى المجال الكهربى الناتج فى الوسط البيولوجى. للترددات الأقل من 10 Hz ، ايضا يعطى المجال المغناطيسى فى صورة القيود الأساسية. عند الترددات الأعلى، فإن المجالات الكهربائية فقط ، خلال النسيج الإحيائى، تعطى القيود الأساسية. تشتق حدود شدة المجال المغناطيسى الخارجة من الأساسية.

توضح الجداول (1-10) & (2-10) & (3-10) مقارنة بين القيم القياسية للتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية لبعض المواصفات القياسية العالمية.

جدول (1-10) القيود الأساسية للتردد 60Hz بالمواصفات IEEE & ICNIRP

المواصفة (standard)	أقصى مجال كهربائى مسموح للنسيج الإحيائى فى المخ (V/m) rms		أقصى مجال كهربائى مسموح فى الأنسجة الأخرى (V/m) rms	
	العامة public	العمال occupational	العامة public	العمال occupational
ICNIRP* (1998)	0.01	0.05	0.01	0.05
IEEE** (2002)	0.018	0.018	0.7	2.10

* تحويل كثافة التيار الحادث إلى مجال كهربى حادث على اساس موصولية النسيج تساوى 0.2S/m

** فيما عدا القلب و الأقدام و الرسغ و رسغ القدم

جدول (2-10) حدود تيارات نقط التلامس مع مادة معدنية مكهربة للترددات المنخفضة (ELF)

المواصفة (standard)	تيار التلامس (mA), rms	
	العامة public	العمال occupational
ICNIRP* (1998)	0.5	1
IEEE** (2002)	0.5	1.5

جدول(3-10) المستويات المرجعية للمجالات الكهربية و المغناطيسية عند ترددات القدرة للمتعرضين من العامة و العمال

المواصفة (standard)	أقصى مجال كهربائى مسموح للنسيج الأحيائى فى المخ (V/m) rms		أقصى مجال كهربائى مسموح فى الأنسجة الأخرى (V/m) rms	
	العامة public	العمال occupational	العامة public	العمال occupational
ACGIH (2003) (60 Hz)		25		1000
ICNIRP* (1998) (60 Hz)	4.17	8.33	83.33	416.67
IEEE (2002) (60 Hz)	5	20	900	2710
	10*			
Australia (1989) (50/60 Hz)	5	10	100	500
Bulgaria (1999) (50Hz)		5		1200
Japan (2001) (50/60 Hz)	3	3		
Russia (1999) (50Hz)	0.5	5	10	100
	1**		50**	

* المجال الكهربى الأوسط فيما عدا الواقع فى حق طريق خطوط نقل القدرة

** الأحياء خارج المبانى

سنتعرض فيما يلى بتوضيح لكل من:

- المواصفات القياسية العالمية IEEE std.C95.6.2002
- المواصفات القياسية العالمية IEC 61000-6-1
- إتحاد صناعة الكهرباء Eurelectric

أولا : المواصفات القياسية العالمية [25] "IEEE std. C95.6.2002"

"المواصفات القياسية لمستويات أمان تعرض الإنسان للمجالات الكهرومغناطيسية، حدود التردد 0-3 kHz "

"IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0- 3k Hz"

هذه المواصفات، تعرف مستويات التعرض لحماية الإنسان من الآثار العكسية الناتجة من المجالات الكهربية و المجالات المغناطيسية عند الترددات : 0-3kHz

توضح هذه المواصفات آلية تقييم التأثير البيولوجى (biological) على الإنسان نتيجة التعرض للمجالات الكهربية و المغناطيسية. و لا تطبق للتعرض الحادث خلال الإجراءات الطبية. ليس من الضرورى إستخدام حدود التعرض المحدد ، للحماية ضد تداخلات الأجهزة الطبية أو المشاكل التى لها علاقة بالمعادن.

أ- مستويات التعرض (Exposure limits)

(أ-1) التقييدات الأساسية (Basic restrictions)

هى حدود القوة الكهربائية " فى موضعها الأصلى" (in situ) و التى تتجنب التأثيرات المعاكسة. يجب أن يؤخذ فى الإعتبار العناصر التالية عند استنتاج أى تقييد :

- بدايات التأثير السلبى للكهرباء (adverse electrical thresholds)
- توزيعها بين السكان (their distribution among the population)
- عاملات الأمان (safety factors)

يوضح جدول (4-10) بيان التقييدات الأساسية لأجزاء الجسم بدلالة المجال الكهربى فى وسط بيولوجى. يحتوى الجدول على متغيرين هما : f_e & E_0

و نحصل على الحدود المذكورة بجدول (4-10) تبعا للمعادلات الآتية:

$E_i=E_o$ $f \leq f_e$

$E_i=E_o\ (f/f_e)$ $f \geq f_e$

حيث:

E_o = the rheobase in situ field (V/m)

=أقل شدة بداية للمجال فى موضعه الأصلى

fe=Upper transition frequency in strength-frequency relation (Hz)

= تردد الإنتقال الأعلى فى علاقة الشدة و التردد

Ei= maximum permissible induced in situ electric field (V/m)

= " أقصى مجال كهربى مسموح حادث " فى موضعه الأصلى

f= frequency, expressed in hertz (Hz)

=التردد بوحدة هرتز

جدول (4-10) التقييدات الأساسية المستخدمة لأجزاء الجسم المختلفة

العامة General public	البيئة المتحكم فيها Controlled environment	fe (Hz)	النسيج المتعرض من الجسم Exposed tissue
E_o rms (V/m)	E_o rms (V/m)		
$1.77*10^{-2}$	$5.89*10^{-3}$	20	المخ (brain)
0.943	0.943	167	القلب (heart)
2.10	2.14	3350	الأيدى ، الرسغ ، الأقدام ، رسغ القدم (Hands, wrists, feet, ankles)
2.10	0.701	3350	الآخر

بالإضافة إلى البيانات الموجودة بجدول (4-10) ، فإن المجال المغناطيسى " فى موضعه الأصلى" للتردد أقل من 10Hz ، فيجب تقييده بقيمة قصوى تساوى 167mT للعامة بينما تكون 500mT للبيئة المتحكم فيها. للترددات الأعلى من 10Hzفإن هذه المواصفة لم تحدد المجال المغناطيسى " فى موضعه الأصلى" للقيود الأساسية.

ب- قيم أقصى تعرض مسموح: كثافة الفيض المغناطيسى
(Maximum permissible exposure (MPE) values:
Magnetic flux density)

ب-1 تعرض الرأس و الجذع لمجالات مترددة
(Exposure of the head and torso to sinusoidal fields)

يوضح جدول (5-10) حدود أقصى مجال مغناطيسى مسموح (B&H) لتعرض الرأس و الجذع . يكون متوسط الزمن القياسى rms يساوى 0.2 ثانية للترددات الأعلى من 25Hz بينما للترددات الأقل ، يكون متوسط الزمن على الأقل 5 دورات و بحد أقصى 10 ثوانى. (ينطبق MPE على أقصى حيز مكافئ (MPE refer to spatial maximum)

جدول (5-10) مستويات أقصى تعرض مسموح (MPE) للمجال المغناطيسى: تعرض الرأس و الجذع

البيئة المتحكم فيها (Controlled environments)		العامة (General public)		مدى التردد (Hz)
H-rms (A/m)	B-rms (mT)	H-rms (A/m)	B-rms (mT)	
$2.81*10^5$	353	$9.39*10^4$	118	<0.153
$(4.32*10^4)/f$	54.3/f	$(1.44*10^4)/f$	18.1/f	0.153 -20
$2.16*10^3$	2.71	719	0.409	20-759
$(1.64*10^6)/f$	2060/f	$(5.47*10^5)/f$	687/f	759-3000

ب-2- تعرض الأرجل و الأذرع (Exposure of the arms and legs)

يوضح جدول (6-10) مستويات أقصى تعرض مسموح (MPE) للأرجل و الأذرع و ذلك للعامة و البيئة المتحكم فيها و للترددات 0-3Hz

جدول (6-10) مستويات أقصى تعرض مسموح لكثافة المجال المغناطيسى(B):
تعرض الأرجل و الأذرع

البيئة المتحكم فيها (Controlled environments) B-rms (mT)	العامة (General public) B-rms (mT)	مدى التردد (Hz)
353	353	<10.7
3790/f	3790/f	10.7-3000

جـ-قيم أقصى تعرض مسموح: بيئة المجالات الكهربائية:

(Maximum permissible exposure values: environmental electrical fields)

- التعرض الثابت للجسم كله للمجالات الكهربائية المترددة

(Constant whole-body exposure to sinusoidal electric fields)

يوضح جدول (7-10) مستويات أقصى مجال كهربى لوسط بيئـى لا يحتـوى علـى أشخاص ، وذلك بفرض أن هذا المجال ثابت القيمة و الإتجـاه، و الزاويـة النـسبية (relative phase) فى الفضاء الممتد و المناسب لجسم الإنسان. للتـرددات الأعلـى من 25Hz فإن الزمن المتوسط لقيم rms المقاس تكون 0.2 ثانية. و للترددات الأقل فإن الزمن المتوسط يكون على الأقل 5 دورات و بأقصى زمن 10 ثوانى.

جدول (7-10) أقصى تعرض مسموح لبيئة المجالات الكهربائية ، تعرض الجسم كله

البيئة المتحكم فيها (Controlled environments)		العامة (General public)	
مدى التردد (Hz)	E-rms (V/m)	مدى التردد (Hz)	E-rms (V/m)
1-272[c]	20000 [b,e]	1-368[c]	5000 [a,b]
272-3000	$(5.44*10^6)/f$	368 – 3000	$(1.84*10^6)/f$
3000	1813	3000	614

(a) حق الطريق لخط القوى، للعامة فإن MPE تكون 10kV/m فى حالات الحمل الأسمى

(b) تفريغ الشحنة الشاق يحدث عند 20kV/m و يكون مناسب عند 5-10 kV/m بدون قياسات للحماية

(c) للحدود الأقل من 1Hz لا تقل عن القيم المحددة عند 1Hz

(d) عند 5kV/m يكون تفريغ شحنات الشرارة الحادثة مزعجة لتقريبا 7% من الشباب البالغ سن الرشد

(e) الحد 20000 V/m يمكن أن يزيد فى البيئة المتحكم فيها عندما لا يكون العامل على مقربة من الموصل بالأرضى. هذه المواصفات لا تشمل وصف الحد

د - حدود أقصى تعرض مسموح لتيار الحث و التلامس
(Contact and induced current maximum permissible exposure limits)

يوضح جدول (8-10) حدود أقصى تعرض مسموح لتيار الحث و التلامس للموجات الجيبية (sinusoidal) المستمرة و للترددات 0-3kHz

يكون متوسط الزمن المقاس للتيار rms هو 0.2 ثانية للترددات الأعلى من 25Hz بينما للترددات الأقل ، يكون متوسط الزمن على الأقل5 دورات، بأقصى زمن 10 ثوانى. و بفرض أن مساحة إتصال القبضة (grasp contact area) تكون 15 سم^2.

جدول (8-10)حدود أقصى تعرض مسموح لتيار الحث و الـتلامس لموجـات جيبيـة مستمرة للترددات 0-3kHz

الحالة	العامة (mA, rms)	البيئة المتحكم فيها (mA, rms)
القدمان (Both feet)	2.70	6.0
كل قدم (Each foot)	1.35	3.0
قبضة الإتصال (Contact grasp)	--	3.0
تلامس الإتصال (Contact touch)	0.50	1.5

ثانيا:المواصفات القياسية العالمية [26] IEC 61000-6-1

" المواصفات العامة- مناعة البيئة السكنية و التجارية و الصناعات الخفيفة"

Generic standards-immunity for residential, commercial and light –industrial environments.

عـرضـت هـذه المواصفـات أن قيـمة شـدة المجـال المغناطيـسى H (magnetic field strength) عند إجراء إختبار المناعة ، للتـرددات 50&60 Hz تكون 3A/m و ذلك للبيئة السكنية و التجارية و الصناعات الخفيفة.

ثالثا: إتحاد صناعة الكهرباء [27]

(Union of Electricity Industry) (Eurelectric)

" المواصفات القياسية للتعرض EMF – الملائمة لأوروبا و أماكن أخرى "

" مجموعة عمل المجتمع و البيئة"

(EMF Exposure Standards, Applicable in Europe and Elsewhere Environment & Society working group)

عرض هذا المرجع القيم القياسية المسموحة للمجالات الكهربائية و المغنـاطيـسية، و الموضحة فى الجداول من رقم (9-10) إلى (19-10) ، للآتى:

- اللجنة العالمية للحماية من الأشعة غير المؤينة (ICNIRP)
- دول: النمسا& إستراليا & فنلندا & فرنسا & ألمانيا & إيطاليا &هولندا &سويسرا &أمريكا

جدول (9-10) القيم القياسية العالمية للمجالات الكهرومغناطيسية طبقا للجنة العالمية للحماية من الأشعة غير المؤينة (ICNIRP)

(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

المتعرض للمجال	نوع التقييد	المجال	الجزء المتعرض من الجسم	القيم القياسية	الملاحظات
تعرض العمال	تقييد أساسى	J	المركز العصبى (Central nervous)	$10mA/m^2$	متوسط المساحة $1cm^2$
	مستوى المرجع	E		10kV/m	
		B		500μT	
		تيار الإتصال		1mA	
تعرض العامة	تقييد أساسى	J	المركز العصبى	$2mA/m^2$	متوسط المساحة $1cm^2$
	مستوى المرجع	E		5kV/m	
		B		100μT	
		تيار الإتصال		0.5mA	

جدول (10-10) القيم القياسية للمجالات الكهرومغناطيسية فى النمسا

معهد المواصفات و إتحاد الكهروتقنية بالنمسا- 2002

Austrian Standards Institute and
Austrian Electrotechnical Association

المتعرض للمجال	المجال	الجزء المتعرض من الجسم	القيم القياسية	الملاحظات
العمال	E		10-30 kV/m	لكل يوم عمل تكون الساعات أقل من 80/E
	B	الجسم	500 μ T	----
			5000 μ T	حتى ساعتين/يوم عمل
		رجل أو ذراع	?	----
العامة	E		5kV/m	----
			10kV/m	عدد قليل من الساعات/اليوم
			20kV/m	حتى 5 دقائق
	B		100 μ T	---
			1000 μ T	عدد قليل من الساعات/اليوم
			2000 μ T	حتى 5 دقائق

جدول (11-10) القيم القياسية للمجالات الكهرومغناطيسية فى أستراليا

المجلس القومى لأبحاث الطب و الصحة- 2001

National Health and Medical Research Council

المتعرض للمجال	المجال	الجزء المتعرض من الجسم	القيم القياسية	الملاحظات
العمال	E		10-30 kV/m	----
	B	الجسم	500 µ T	----
			5000 µ T	
		رجل أو ذراع	25000 µ T	----
العامة	E		5kV/m	----
			10kV/m	24 ساعة فى المساحات المفتوحة
			10kV/m	عدة ساعات قليلة/اليوم (يمكن أن تزيد لو تعرض لعدة دقائق قليلة/اليوم)
	B		100 µ T	24 ساعة فى المساحات المفتوحة
			1000 µ T	عدة ساعات قليلة/اليوم (يمكن أن تزيد لو تعرض لعدة دقائق قليلة/اليوم)

جدول (10-12) القيم القياسية للمجالات الكهرومغناطيسية فى فنلندا

وزارة الشئون الإجتماعية و الصحة 2002

Ministry of Social Affairs and Health

المتعرض للمجال	نوع التقييد	المجال	القيم القياسية	الملاحظات
العامة	تقييد أساسى	J	$2mA/m^2$	---
			$10mA/m^2$	زمن التعرض لا يؤثر
	يوصى بقيم محددة عندما يتعرض الأشخاص لفترة زمنية مؤثرة	E	5kV/m	---
			15kV/m	فترة زمنية قصيرة
		B	100μT	----
			500μT	فترة زمنية قصيرة

جدول (10-13) القيم القياسية للمجالات الكهرومغناطيسية فى ألمانيا

الحكومة الفيدرالية (2001)

Federal Government

المتعرض للمجال	نوع التقييد	المجال	القيم القياسية	الملاحظات
أى شخص (المبانى أو الأرض المعدة للوجود الإنسانى غير العابر)	محدد	E	5kV/m	---
			10kV/m	التعرض الكلى أقل من 5% فى اليوم
			10kV/m	مساحة صغيرة خارج المبنى
		B	100μT	----
			200μT	التعرض الكلى أقل من 5% فى اليوم

جدول (14-10) القيم القياسية للمجالات الكهرومغناطيسية فى فرنسا (2001)

الملاحظات	القيم القياسية	المجال	نوع التقييد	المتعرض للمجال
بالمبانى الحديثة أو التى تم تحديثها	5kV/m	E	محدد	أى شخص
	100µT	B		

جدول (15-10) القيم القياسية للمجالات الكهرومغناطيسية فى إيطاليا (2003)

الملاحظات	القيم القياسية	المجال	نوع التقييد	المتعرض للمجال
التعرض لجزء متوقع و مقبول من اليوم	5 kV/m	E	محدد	العامة
التعرض لعدد قليل من الساعات يوميا	10 kV/m			
التعرض لجزء متوقع و مقبول من اليوم	100 µ T	B		
التعرض لعدد قليل من الساعات يوميا	1000 µ T			
132 kV	10 m	المسافة حتى الموصلات		المبانى السكنية القريبة من خطوط الكهرباء
220 kV	18 m			
380 kV	28 m			

جدول (16-10) القيم القياسية للمجالات الكهرومغناطيسية فى هولندا

" مجلس الصحة – هولندا- 2002 "

"Health council of Netherlands"

المتعرض للمجال	نوع التقييد	المجال	الجزء المتعرض من الجسم	القيمة القياسية	الملاحظات
العمال	تقييد أساسى	J	الجسم – الرأس	$25mA/m^2$	----
			الجسم – الرأس	$100mA/m^2$	----
	مستوى البحث	E	الجسم – الرأس	62.5kV/m	التأثير غير المباشر غير مسموح
			الجسم – الرأس	250 kV/m	
			----	40 kV/m	التأثير غير المباشر مسموح
		B	----	600 µT	الأرجل أو الذراع فقط 1800 µT
العامة	تقييد أساسى	J	الجسم – الرأس	$5 mA/m^2$	----
			الجسم – الرأس	$20 mA/m^2$	----
	مستوى البحث	E	----	8 kV/m	
		B	----	120 µT	الأرجل أو الذراع فقط 360 µT

جدول (17-10) القيم القياسية للمجالات الكهرومغناطيسية فى سويسرا

" القانون المحلى للحماية من الأشعة غير المؤينة 2001 "

"Ordinance concerning protection from non-ionising radiation"

المتعرض للمجال	نوع التقييد	المجال	القيمة القياسية	الملاحظات
أى شخص (يتعرض من نشاط ثابت فقط) (غير مسلط على مجموعة تشغيل المصنع المنتج للمجال)	محدد	E	5kV/m	الحالة التشغيلية للمبانى و الأراضى التابعة لها ، بدون المصادر داخل المبانى
		B	100 µT	
	محدد ،اى تجهيزات ، "أماكن ذات حساسية عند الإستخدام"	B خطوط هوائية ، كابلات أرضية ، >1kV	1µT	الإنشاءات الجديدة، بإستثناء مسموح إذا أخذ فى الإعتبار جميع القياسات. الإنشاءات القديمة: لا تستخدم هذه القيم و لكن تجهز بأفضل الحالات
		B محطة المحولات، المحطة الفرعية محطة المفاتيح	1µT	المبانى الجديدة و القديمة:باستثناء مسموح إذا أخذ فى الإعتبار جميع القياسات
		B خطوط السكك الحديدية، و الترام	1µT (المتوسط على مدى 24 ساعة)	الإنشاءات الجديدة: باستثناء مسموح إذا أخذ فى الإعتبار جميع القياسات. الإنشاءات القديمة: لا تستخدم هذه القيم و لكن يجهز موصل تعادل مناسب
		داخل المنشآت الكهربائية	---	الإنشاءات الجديدة: تكون طبقا لأحسن التقنيات (حتى يمكن الوصول إلى أقل حد للمجال)

جدول (18-10) القيم القياسية للمجالات الكهرومغناطيسية فى الولايات المتحدة الأمريكية "IEEE SCC 28"

IEEE C95.6-2002

المتعرض للمجال	نوع التقييد	المجال	الجزء المتعرض من الجسم	القيم القياسية	الملاحظات
البيئة المتحكم فيها	تقييد أساسى	المجال الكهربى فى موضعه الأصلى	المخ	0.0443 V/m 60Hz:0.0531V/m	---
			القلب	0.943 V/m	---
			الأيدى، الأقدام، الرسغ، رسغ القدم	2.10 V/m	---
			أخرى	2.10 V/m	---
		تيار الإتصال*	كل قدم	3.0 mA	
			الجزء المتصل	3.0 mA	يمسك بـ
				1.5 mA	ملامسة
	أقصى تعرض مسموح (مستوى البحث)	E*	كل الجسم (المتوسط على كل الجسم إذا كان المجال غير منتظم)	20 kV/m	يوصل إلى موصل مؤرض
				يمكن السماح أن تتعدى القيمة 20kV/m	لم يوصل إلى موصل مؤرض
		B*	اليد - الجذع	2.71 mT	----
			الأذرع-الأرجل	75.8mT (at 60 Hz:63.2 mT)	----

* متوسط الزمن = 1 ثانية

تابع جدول (18-10)

المتعرض للمجال	نوع التقييد	المجال	الجزء المتعرض من الجسم	القيم القياسية	الملاحظات
العامة	تقييد أساسى	المجال الكهربى فى موضعه الأصلى	المخ	0.0147 V/m (at 60Hz:0.0177V/m)	---
			القلب	0.943 V/m	---
			اليد- القدم- الكاحل	2.10 V/m	---
			الأجزاء الأخرى	0.701 V/m	---
		تيار الإتصال*	كل القدم	1.35mA	---
			إتصال/تلامس	0.5 mA	---
	أقصى تعرض مسموح (مستوى البحث)	E*	كل الجسم (المتوسط لكل الجسم فى حالة المجال غير المنتظم)	5 kV/m	وصل إلى موصل مؤرض
				10kV/m فى حالة الأحمال الأسمية	لم يوصل إلى موصل مؤرض
		B*	الرأس - الجذع	904µT	----
			الأذرع- الأرجل	75.8mT (at 60 Hz:63.2 mT)	----

* متوسط الزمن = 1 ثانية

جدول (19-10) القيم القياسية للمجالات الكهرومغناطيسية ببعض الولايات الأمريكية- للخطوط الهوائية (60Hz)

الولاية	المساحة التى عندها الحدود المسموحة	المجال	القيمة المسموحة	ملاحظات
فلوريدا	حد حق الطريق	E	2kV/m	---
		B	15μT	خطوط جهد 230kV
			20μT	خطوط جهد 500kV
	فى أى مكان	E	8kV/m	خطوط جهد 69-230kV
		E	10kV/m	خطوط جهد 500kV
مينسوتا (Minnesota)	فى أى مكان	E	8kV/m	----
مونتانا (Montana)	حد حق الطريق	E	1 kV/m	يمكن أن يشير صاحب الأرض بالإتجاه و جهة معينة
	تقاطعات الطرق	E	7 kV/m	----
نيوجيرسى (New Jersey)	حد حق الطريق	E	3kV/m	---
نيويورك (New York)	حد حق الطريق	E	1.6 kV/m	---
		B	20μT	---
	تقاطع طريق عام	E	7 kV/m	---
	تقاطع طريق خاص	E	11 kV/m	---
	فى أى مكان	E	11.8 kV/m	---
أرجون (Oregon)	أماكن يمكن الوصول إليها أو أماكن مأهولة بالسكان	E	9kV/m	---

جدول (20-10) الحدود الإسترشادية و المواصفة القياسية للتعرض المستمر للعامة و العمال للترددات 50/60 Hz

50/60 Hz standards and guidelines limits for continuous general public and occupational exposure [28]

كثافة الفيض المغناطيسى (mT) Magnetic flux density		شدة المجال الكهربى (kV/m) Electric field strength		المواصفة (standard)
العمال	العامة	العمال	العامة	
0.4166	0.0833	8.33	4.16	ICNIRP* (1998) (60 Hz)
1.0	–	25	–	USA,ACGIH (1998) (60HZ)
1.333	0.533	25*	8.33	CENELEC (1998) (60HZ)
1.333	1.333	10.0	10.0	UK NRPB (1993) (60Hz)
0.5	0.1	10.0	5.0	Australia, NH &MRC (1989) (50 Hz)
5.0	5.0	20.6	20.6	Germany (1989) (50Hz)
–	–	5.0	–	USSR (1975) (50/60 Hz)
1.76	–	–	–	USSR (1985) (50 Hz)
–	–	15.0	–	Poland (1980) (50HZ)

* بزمن التقييد

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists
المؤتمر الأمريكى لصحة عمال المصانع الحكومية:

CENELEC:Comite European de Normalisation Electrotechnique
: (European Committee for Electrotechnical Standardization)
المجلس الأوربى للمواصفات الكهروتقنية:

ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
المجلس العالمى للحماية من الإنبعاثات غير المؤينة:

MH &MRC: National Health & Medical Research Council
مجلس الأبحاث الطبية & الصحة القومية :

NRPB: National Radiological Protection Board
مجلس القومى للحماية من الطب الإشعاعى :

مقياس وقائى PP(Precaution Principle)

يعرف المقياس الوقائى (PP) طبقا لمنظمة الصحة العالمية (WHO) بأنه سياسة إدارة المخاطر المطبق فى محيط علمى مؤكد و يعكس الحاجة لفعل مخاطر شديدة محتملة بدون توقع نتيجة البحث العلمى.

هناك إهتمام زائد و مستمر من المواطنين باستخدام مقياس وقائى (PP) فى عدد من المواقع، متضمنا التعرض للمجالات الصادرة من الترددات المنخفضة.

نتيجة القلق الزائد للعامة للأمان من خطوط نقل و توزيع القدرة و من المحولات، و التى تكون مقامة فى بيئة معيشة الإنسان بدون الأخذ فى الإعتبار لمشاعر و أحاسيس الإنسان، أدى إلى إهتمام المواطنين بالإعتقاد أنه يجب وضع تحاذير أكثر عند التخطيط و إدارة مخاطر EMF.

بعض الدول أخذت فى إعتبارها الإحتياج للمقياس الوقائى (PP) و كيفية إستخدامه عند التعرض للمجالات ELF ،وما يلى ذلك من تضمين للتطبيقات. و بعض الدول دمجت PP مع المواصفات القياسية بها. مثلا، سويسرا، اختارت المواصفات ICNIRP كمستويات مرجعية للوقاية من التأثيرات العكسيةعلى الصحة، و أيضا وضعت حدود إنبعاث وقائى (قيم محددة أثناء الإنشاءات) موضع الإستعمال فى القانون المحلى بها. هذه القيم المحددة تتعلق بأماكن الإستخدام الحساس مثل:

الشقق السكنية و المدارس و المستشفيات و حدائق لعب الأطفال. عند تردد القدرة 50HZ، تكون القيمة المحددة، عند أقصى تيار مقنن، و المنبعثة من خطوط الكهرباء و محولات المحطات الفرعية هى : 1µT

بالمثل فإن النظام الإيطالى و ضع مقياس PP موضع الإستعمال بدمجه بمستويات الإنتباه و بأهداف الجودة بالإضافة إلى حدود التعرض، و الموضوعة على أساس المواصفة ICNIRP. للتعرض للمجالات EMF الصادرة من خطوط القوى فإن قيمة الإنتباه 10µT أختيرت لحدائق لعب الأطفال و للمنازل السكنية و مواقع المدارس بالإضافة إلى الأماكن التى يمكن أن يظل بها الأشخاص لمدة 4 ساعات أو أكثر فى

اليوم. يتخذ مدى جودة لـــ 3 μT عند تصميم خطوط قـــوى جديـــدة مجـــاورة لهـــذه المواقع، بالمثل عند تطوير و تخطيط المناطق المجاورة للإنشاءات الكهربائية القائمة.

ملحق 1
الوحدات

- المجالات الكهربائية

تقاس شدة المجال الكهربى بوحدات:

فولت/متر	V/m
أوك.فولت/متر	kV/m

- المجالات المغناطيسية

تقاس المجالات المغناطيسية بوحدة الجاوس gauss(G) أو التسلا tesla(T).

1. جاوس (Gauss)

وحدة لقياس كثافة الفيض المغناطيسى . و هى وحدة من وحدات نظام القياس الكهرومغناطيسى المبنية على السنتيمتر و الجرام و الثانية.الجاوس وحدة شائعة الإستخدام فى الولايات المتحدة الأمريكية.

جاوس=ماكسويل/سم^2

=10^{-4} وبر/متر^2

2. تسلا (Tesla)

وحدة لقياس كثافة الفيض المغناطيسى فى نظام الوحدات الدولية.

تسلا= وبر/متر^2

=10^4 جاوس

3. ويبر (weber)

الوحدة العملية لقياس الفيض المغناطيسى,يساوى فولت.ثانية, و يعادل 100 مليون ماكسويل.

4. ماكسويل (Maxwell)

وحدة قديمة من الوحدات الكهرومغناطيسية لقياس الفيض المغناطيسى القائمة على نظام سنتيمتر-جرام-ثانية.أستبدل بها وحدة "الوبر"-الماكسويل يساوى 10^{-8} وبر.

5. أورستد (Oersted)

وحدة قياس القوة المغناطيسية فى نظام السنتمتر-جرام-.ثانية.تساوى $10/4\pi$ من الوحدة العملية "أمبير-لفة/سم".

6. الجول (Joule)

وحدة قياس الطاقة أو الشغل فى نظام وحدات المتر-الكيلوجرام-ثانية.يعرف بأنه الشغل الذى تبذله قوة مقدارها نيوتن واحدة عندما تزاح نقطة تأثيرها متراً واحداً فى إتجاه القوة.

7. جلبرت (Gilbert)

وحدة قياس القوة الدافعة المغناطيسية , و هى من وحدات النظام الكهرومغناطيسى القديم المبنية على نظام السنتيمتر-جرام-ثانية.تساوى 0.7958 أمبير.

يوضح جدول (1-A) مقارنة بين الوحدات المغناطيسية

و يوضح جدول (1-B) تحويلات الوحدات المغناطيسية

بينما يبين جدول (1-C) الوحدات المغناطيسية الهامة و تحويلاتها

جدول (1-A) مقارنة بين الوحدات المغناطيسية

الوحدة Unit	الرمز Symbol	نظام سم/جرام/ثانية Cgs System	نظام الوحدات الدولية SI System	النظام الإنجليزى English System
الفيض المغناطيسى Magnetic Flux	φ	ماكسويل Maxwell	ويبر Weber	ماكسويل Maxwel
كثافة الفيض Flux Density	B	جاوس Gauss	تسلا Tesla	خطوط/بوصة^2 Lines/in^2
شدة المجال المغناطيسى Magnetizing Force	H	أورستد Orested	أمبير لفة/متر Ampere turns/m	أمبير لفة/بوصة Ampere turns/in

جدول (1-B) تحويلات الوحدات المغناطيسية

الوحدة Multiply	عامل الضرب By	To obtain
Lines/in^2	**0.155**	**Gauss**
Lines/in^2	**1.55 x10^{-5}**	**Tesla**
Gauss	**6.45**	**Lines/in^2**
Gauss	**10^{-4}**	**Tesla**
Oersteds	**79.577**	**Ampere turns/m**
Ampere turns/in	**0.495**	**Oersteds**
Ampere turns/in	**39.37**	**Ampere turns/m**

جدول (1-C) الوحدات المغناطيسية الهامة و تحويلاتها

The most important Magnetic units

الخاصية	نظام الوحدات الدولية SI units	وحدات نظام القياس الكهرومغناطيسى المبنية على السنتمتر و الجرام و الثانية CGS units	التحويلات
Magnetic induction (Flux density) كثافة الفيض B $B=\mu H=\mu_0\mu_r H$	T (Tesla) (تسلا)	G (Gauss) (جاوس)	$1G=10^{-8}$ wb/cm^2 $1G=10^{-8}$ Vs/cm^2 $1G=10^{-4}T$ 1T=10Kg 1T=1Vs m^{-2}
Magnetic field strength شدة المجال المغناطيسى H	A/m (Ampere/Meter) (أمبير/متر)	Oe (Oersted) (أورستد)	$1Oe=1000/4\pi$*A/m 1Oe=79.58*A/m $1A/m=4\ \pi/1000$ Oe 1A/m=12.57*10^{-3}Oe
Magnetic field Power density كثافة قوى المجال المغناطيسى B*H	J/m^3 (Joule/m^3) (جول/متر^3)	G*Oe (Gauss*Oersted) (جاوس*أورستد)	1J/m^3=125.7*GOe 1kGOe=7.958J/m^3
Magnetic flow الفيض المغناطيسى Φ	Wb (Weber) (ويبر) Vs (Volt Seconds) (فولت ثانية)	M (Maxwell) (ماكسويل)	1Wb=1Vs=10^8M 1M=10^{-8}Wb
Magnetic tension شد المجال المغناطيسى U_m	A (Ampere) (أمبير)	Gb (Gilbert) (جلبرت)	1Gb=0.7958 A 1A=1.257Gb

μ_0= 1.257*10^{-6} Vs/Am=4 $\pi 10^{-7}$Vs/Am=1G/Oe

ملحق 2

المحولات

Transformers

المحولات :

تعتبر المحولات من المكونات الرئيسية فى الانظمة الكهربائية حيث انها تستخدم لرفع أو خفض الجهد ، طبقا للاستخدام ، ويوجد منها اعداد هائلة ومتعددة الانواع .

عموما المحولات عبارة عن معدات كهربائية تستخدم لضبط العلاقة بين الجهد والتيار فى دوائر القدرة الكهربائية للحصول على احسن كفاءة خلال عمليات نقل وتوزيع الكهرباء . وتصنف المحولات بطرق متعددة منها :

أ – من حيث الغرض من الاستخدام :

- محولات رفع (Step-up transformers) والمستخدمة فى محطات انتاج الكهرباء للحصول على الجهد الاقتصادى الذى يورد إلى خطوط النقل .
- محولات خفض (Step-down transformers) والتى تستخدم لتخفيض الجهود

يوضح شكل (2-A) مثال لمحول من هذه النوعية .

ب – من حيث نوع العزل :

- محولات جافة (Dry transformers) والتى تستخدم فى أماكن يخشى فيها من اندلاع الحرائق مثل مناجم الفحم – المبانى التجارية الكبيرة ....
- محولات زيتية (Oil transformers) وهى الانواع شائعة الاستخدام ، والموضحة فى الاشكال (2-A) & (2-B) & (2-C) & (2-E) والتى يستخدم فيها الزيت كمادة عازلة وكوسط مبرد .

ج – من حيث مكان التركيب :

- محـــولات للتركيـــب خـــــارج مبنـــى (Out door transformers) والموضحة فى الاشكال (2-A) & (2-B) & (2-C) .
- محـــــولات للتركيـــب داخـــل مبنـــى (In door transformers) والموضحة فى الاشكال (2-D)
- محـــولات معلقـــة (pole mounted transformers) تعلــق هـــذه المحولات على أبراج الكهرباء وهى تستخدم عادة فى المناطق الريفيـــة وتكون ذات قدرات صغيرة وتحول الجهد المتوسط إلى جهد مـــنخفض ، ويوضح شكل (2-E) محول معلق على عامود خشب .

هـــ – من حيث القدرة :

- محـــولات القـــدرة (Power transformers) والتـــى تـــستخدم فـــى محطات الانتاج ومحطات المحولات ذات الجهود العالية والفائقـــة (اكبـــر من 66 ك.ف) .
- محـــولات التوزيع (Distribution transformers) والتى تخفــض الجهود المتوسط 11&22&33 ك.ف إلى جهود منخفـــضة 220&380 فولت والتى تستخدم لتشغيل الاجهزة الكهربائية والماكينات و...و..

يتكون المحول من ملف ابتدائى (Primary coil) وملف ثانوى (Secondary coil) وقلب حديدى (Iron core) له خصائص فرومغناطيسية (Ferromagnetic) ، وهى خاصية تطلق على المواد التى تكون إنفاذيتها اكبر بكثير من انفاذية الفراغ والتى يمكن مغنتطها إلى درجة ملحوظة فى مجال مغناطيسى خارجي.

يوضح شكل (2-F) تمثيل المحول

تعتمد نظرية المحول ، كما فى شكل (2-G) ، على القوانين الاتية :

1–قانون فارادای

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

2-قانون تحويل الطاقة

$$P_p = V_p I_p = V_S I_S = P_s$$

حيث:

V_s=**secondary voltage**

= الجهد الثانوى

V_p= **primary voltage**

=الجهد الأبتدائى

$$\frac{V_S}{V_p} = \text{Voltage ratio}$$

=نسبة تحويل الجهد

$$\frac{N_S}{N_p} = \text{turns ratio}$$

= نسبة اللفات

P_p=**primary power**

=القدرة الأبتدائية

P_s=**secondary power**

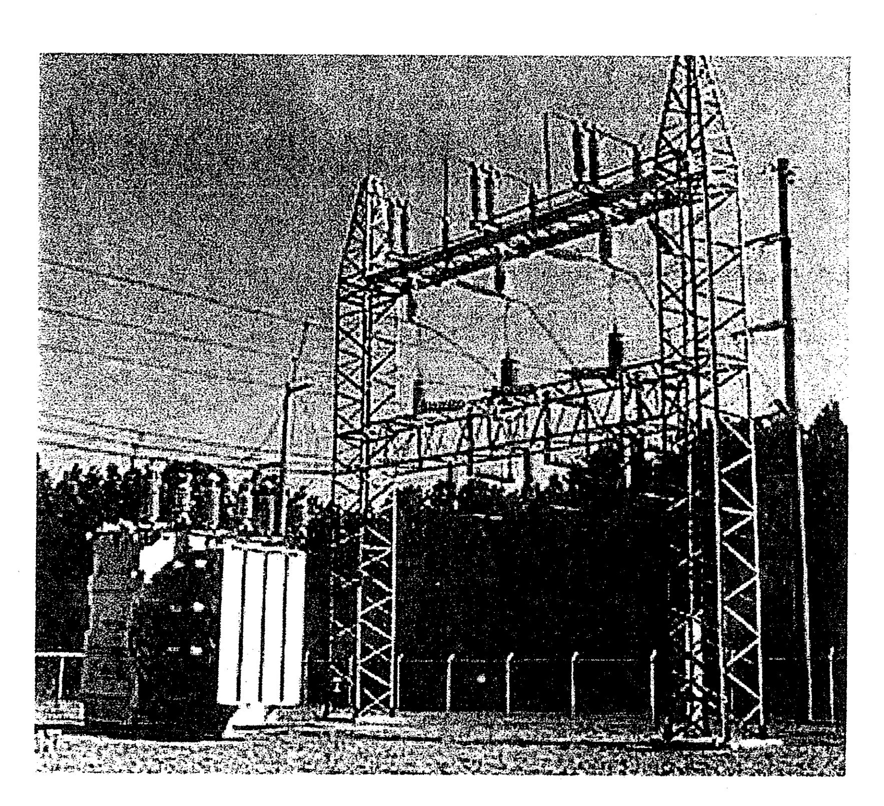
=القدرة الثانوية

N_s=**secondary turns**

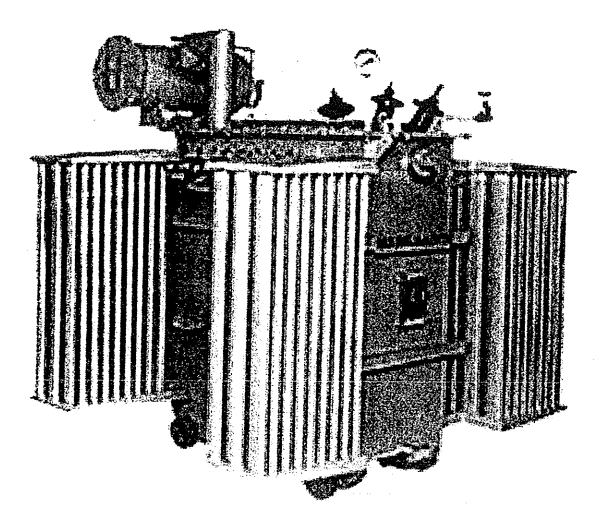
=عدد لفات الملف الثانوى

N_p= **primary turns**

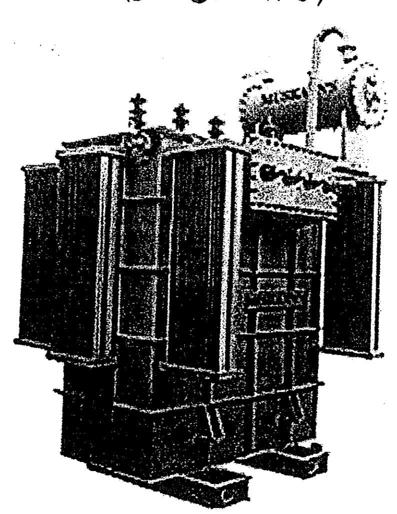
=عدد لفات الملف الأبتدائى



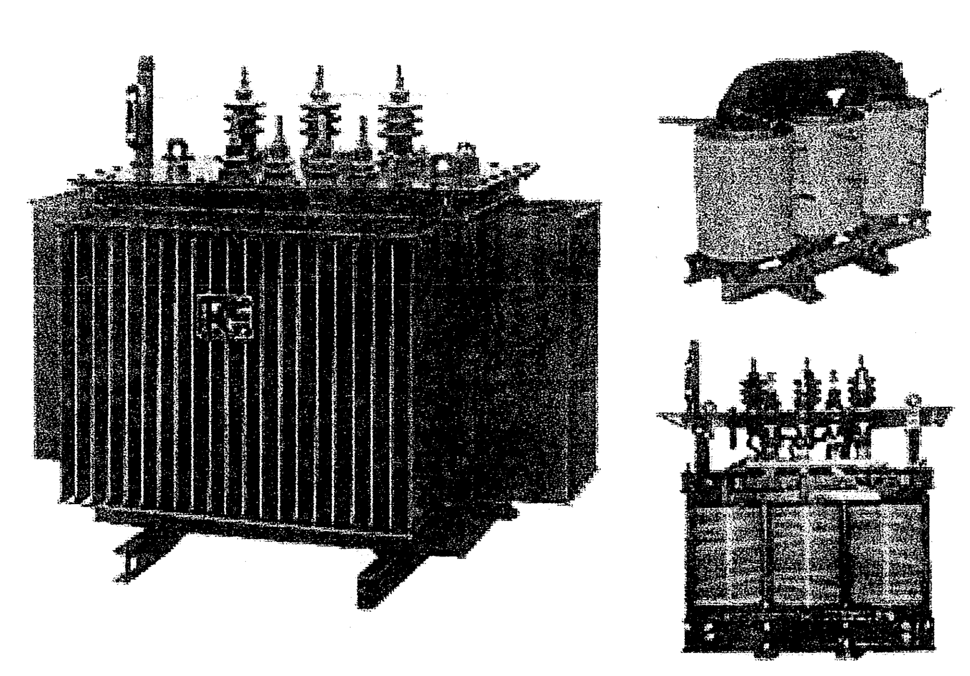
شكل (2-A) محول قدرة – تركيب خارج المبنى بمحطة محولات



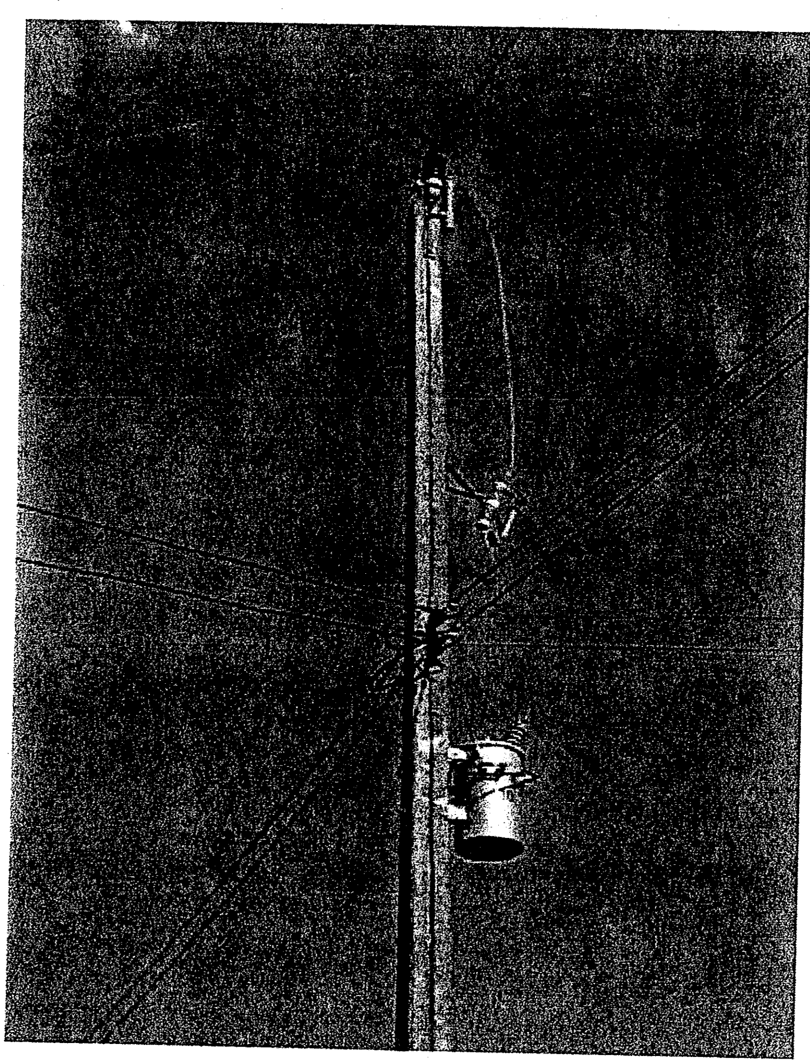
شكل (2-B) محول توزيع 11/0.4Kv &1250KVA
(تركيب خارج مبنى)



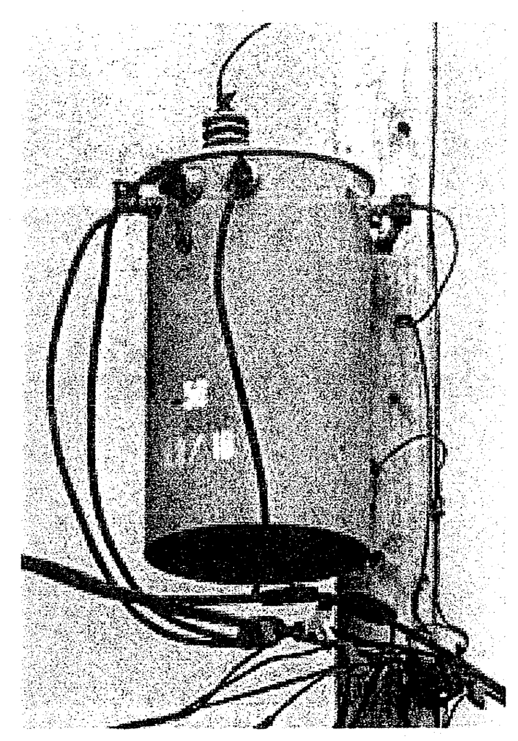
شكل (2-C) محول توزيع 33KV & 2000KVA
(تركيب خارج مبنى)



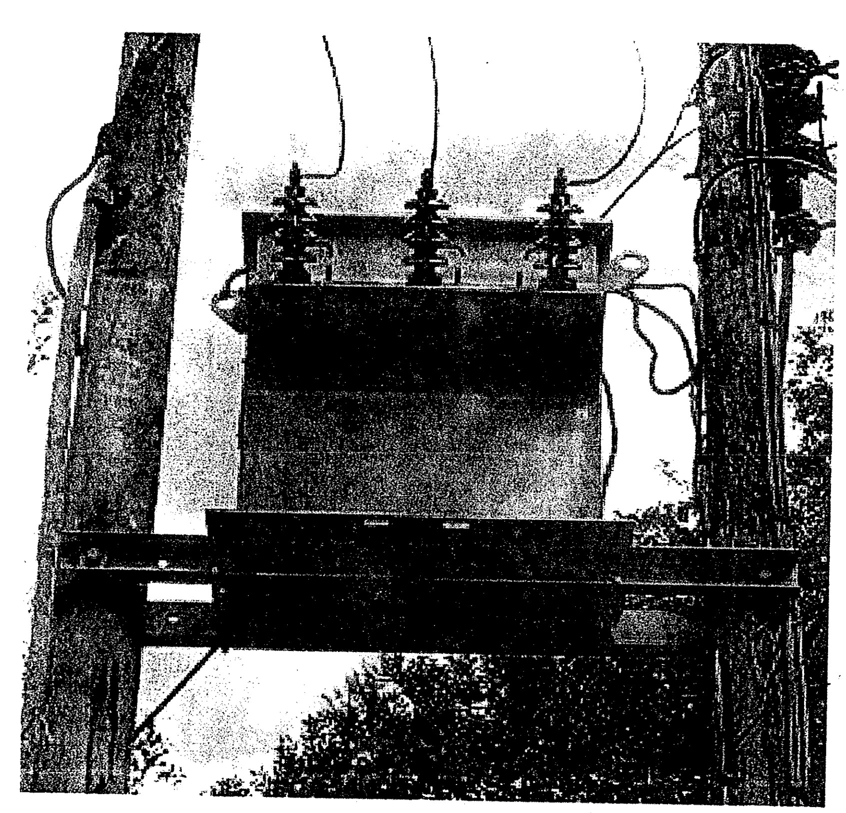
شكل (2-D) محول توزيع 1000KVA & 11/0.4KV
(تركيب داخل مبنى)



شكل (2-E) محول توزيع معلق على عمود خشب

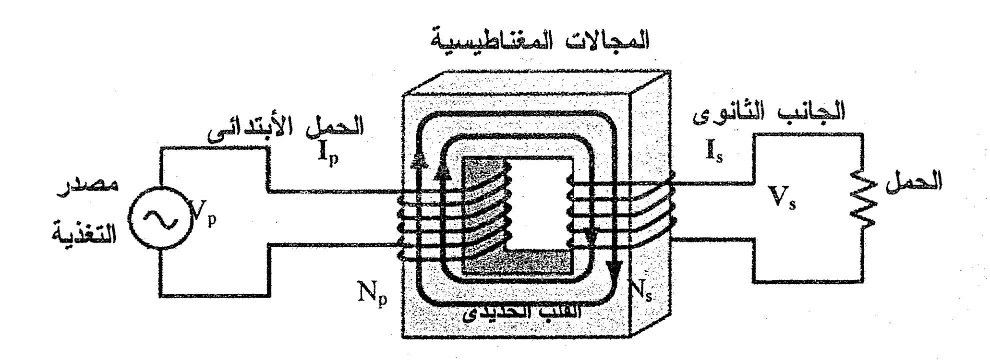


Single phase pole- mounted step- down transformer
شكل (2-E-1) محول معلق – أحادى الطور

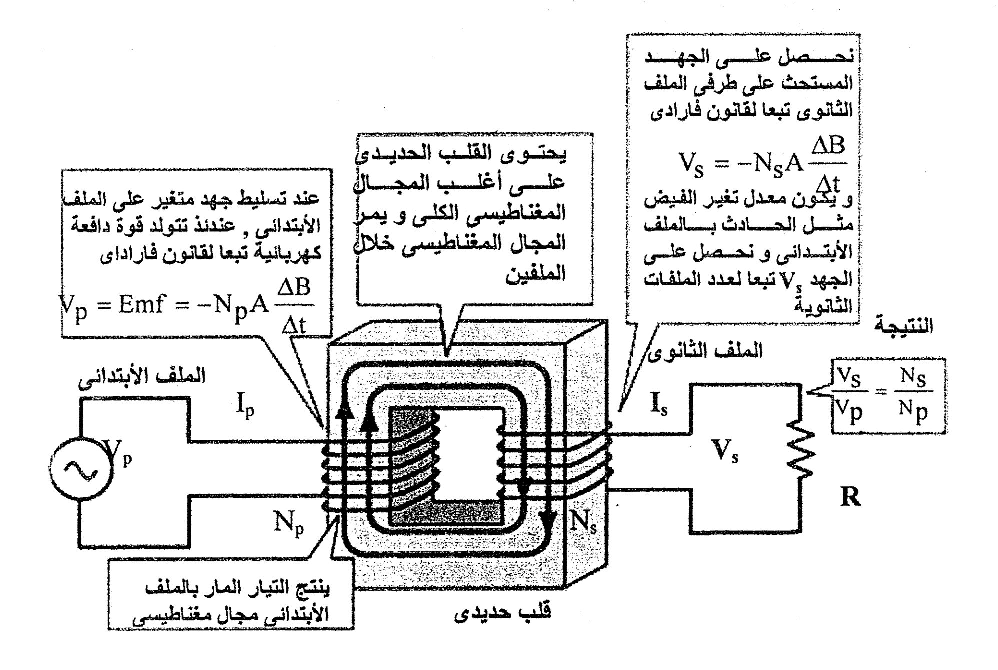


3-ph. Pole – mounted step- down transformer

شكل (2-E-2) محول معلق – ثلاثى الطور



شكل (2-F) تمثيل المحول



شكل (2-G) فكرة تشغيل المحول

ملحق 3
تعريفات

1- الوزن النوعى (Specific gravity)

العلاقة بين كتلة حجم معين من المادة و كتلة حجم مساو له من الماء عند درجة حرارة 4 درجة مئوية

2- معامل التمدد (Coefficient of Expansion)

معدل التمدد الحرارى هو معدل الزيادة فى وحدة حجم جسم ما لكل إرتفاع فى درجة الحرارة مقداره درجة واحدة

3- الموصولية الحرارية (Thermal conductivity)

(أو معامل التوصيل الحرارى)

هى كمية الحرارة التى تسرى فى ثانية واحدة خلال وحدة مساحة للوح من مادة يبلغ سمكها وحدة واحدة إذا كان الفرق بين درجتى حرارة سطحيه يساوى درجة واحدة.

4- المقاومية الكهربائية (Electrical resistivity)

(أو المقاومية النوعية للمواد أو المقاومية الحجمية للمواد)

المقاومية النوعية لسلك أو موصل ما تساوى حاصل ضرب مقاومة السلك فى مساحة مقطعه مقسوما على طوله

5- درجة حرارة كورى (Curie temp.)

(أو نقطة كورى)

درجة الحرارة الحرجة التى إذا سخن إليها جسم فرومغناطيسى فإنه يصبح جسما بارامغناطيسيا (ذا مغناطيسية متوازية) ، أو ينتقل عندها الجسم من طور الفروكهربائية إلى طور الباراكهربائية.

6- مقاومة الخضوع (yield strength)

(أو إجهاد الخضوع)

الإجهاد الذى تظهر عنده المادة إنحرافا حديا معينا عن تناسب الإجهاد مع الإنفعال.

7- مقاومة الشد (tensile strength)

هو مقدرة مادة ما على تحمل إجهاد الشد .

أو هو مقياس لدرجة الإجهاد الذى تنهار عنده المادة تحت تأثير الشد.

8-معامل المرونة (modulus of elasticity)

النسبة بين الإجهاد و الإنفعال فى مادة معرضة للإجهاد . يعبر عنه عـادة بقـسمة الإجهاد (القوة المؤثرة على وحدة المساحة) علـى الإسـتطالة فـى وحـدة الطـول (الإنفعال) الناتجة من هذا الإجهاد

9- إستطالة (elongation)

الزيادة فى طول مادة واقعة تحت إجهاد شد. عند إختبار مادة حتى نقطة الكسر، فـإن الإستطالة تقاس كنسبة مئوية من الطول الأصلى لقطعة الإختبار.

10- إجهاد (stress)

القوة أو الحمل على وحدة المساحة

11- إنفعال (strain)

التغير البعدى فى كل وحدة بعدية للمادة نتيجة للإجهاد المسلط عليها.

12- نقطة الإنصهار (melting point)

درجة الحرارة التى تتحول عندها مادة ما من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة.

13- تزهر (bloom).

تغبش غير مرغوب فيه ، أو ترسب مسحوق أبيض ، على سطح وحدة لدائنية يسبب نز مكون من مكونات المادة اللدائنية مثل المزلق أو الخضاب ،.......،.......

References

[1]- Low frequency magnetic interference in high-rise building – John Burnett and Yaping-Du
Kowloon, Hong Kong SAR, P.R. China

[2]- National institute for Occupational Safety and Health

[3]- Mu-metal
en.wikipedia.org/wiki/Mu-meta/

[4]- Short Factsheet on EMF
www.dhs.ca.gov/ps/deodc/ehib/

[5]- Volume 1: Human Causes of Cancer
www.hsph.harvard.edu/

[6]- Electromagnetic Fields (EMF) and your health
www.geocitis.com/

[7]- Environmental and Physical Health
Electro magnetic fields homepage . htm

[8]- www.feb.se/EMFguru/EMF/lethal/lethalpap.htm/

[9]- Measuring magnetic fields
www.arpansa.gov.au

[10]- Environmentally-Friendly Distribution Transformers
By Gehard Wruss. VA TECH ELIN Tranformatoren GmbH & Co. Weiz/Austria.

[11]- E.M.SITE magnetic fields
www.linres.com/lindef.htm/

[12]- Non-lonising Radiation
Verband Sweizerischer Elektrizitatswerks 1995, P.2

[13]- EMF in your environmental
http://consumerlawpage.com/

[14]- www.portlandgeneral.com/

[15]- www.niehs.nih.gov/

[16]- Federal Office for Radiation Safety, Germany 1999

[17]- What are electromagnetic fields?
www.who.int/peh-emf/about/whatisEMF/en/print.htm/

[18]- Electromagnetic Fields
www.homeinspectioninohio.com/

[19]- CIRED 17th International Conference on Electricity Distribution
Barcelona, 12-15 May 2003
Electromagnetic Fields – optimization of MV/LV transformer stations

[20]- Magnetic Shield Corp – Wall Shielding
File://J:/Magnetic Shield Corp-wall shielding1.htm

[21]- J.F.Hoburd, B.A.Clairmont, D.W .Furgate, R.J.Lordan, "Comparison of Measured and Calculated Power Frequency Magnetic Shielding by Multilayered Cylinders", IEEE Tran. On Power Delivery, Vol. 12, No. 4, October 1997, pp1704.-1710

[22]- S.Kuusiluoma, T.Keikko, L.Korpinen, "Magnetic Field Disturbance of Indoor MV/LV Substations in Finland "IEEE Magazine, 2002, pp2348-2348

[23]- M Istenic, P Kokelj, P Zunko, B Cestnik, T Zivic,"Some Aspects of Magnetic Shielding of a Transformer Substation Using Alternative Shielding Techniques", Cired 17th International Conference on Electricity Distribution. Section 2, Barcelone, 2003.

[24]- Utility Tackles Substation EMF
www.printthis.clickability.com

[25]- IEEE std C95.6.2002
IEEE Standard for safety levels with respect to human exposure to Electromagnetic fields, 0-3 KHz

[26]- IEC 61000-6-1
Generic, standards – immunity for residential, commercial and light-industrial Environmentals

[27]- Environmental and Society Working Group, "EMF Exposure Standards Applicable in Europe and Elsewhere " Brussels: Union of the Electricity Industry. Eurelectric, May 2003)

[28]- ESH manual Environment, Safety, and Health
Volume II Part 20: lonizing Radiation/Nonionizing Radiation
Document 20.7

[29]- Application of ICNIRP Exposure Guidelines for 50 Hz Power Frequency Fields
www.icra.org

[30]- T.Keikko, J.Ktiniitty, L.Korpinen, "Calculations of Magnetic Field from Indoor Distribution Bus Bars", IEEE Magazine, 2002, Pp2309-2313.

[31]- Louis Quinchon, Loic Popiel, "Electromagnetic Environment Management Of Substations" Cired 17th International Conference on Electricity Distribution.
Session 2, Barcelone, 2003.

[32]- M Istenic, P Kokelj, P Zunko, B Cestnik, T Zivic, "Some Aspects of Magnetic Shielding of a Transformer Substation Using Alternative Shielding Techniques", Cired 17th International Conference on Electricity Distribution, Session 2, Barcelone, 2003.

[33]- Dider FULCHIRON, Jacques DELABALLE, "Reduction of the Low Frequency EMF Emission of MV/LV Substations", Cired 17th International Conference on Electricity Distribution, Session 2, paper No. 15
Barcelone, 2003.

[34]- A.R.MEMARI, W. JANISCHEWSKYJ, "Mitigation of Magnetic Field Near Power lines", IEEE trans. on Power Delivery, Vol. 11 No. 3, July 1996, pp 1577-1586.

[35]- A. Bohlin, T Ahlberg, J-O Larsson, "Comparative Measurements of Magnetic Field from Low Voltage Switchgears", cired 17th International conference On Electricity Distribution, Session 2 Barcelone, 2003.

[36]- A. Robert, J. Hoeffelman, "Round Table on Magnetic Techniques", Cired 2003.

****

للمؤلفة:

	سنة الإصدار
1. المكثفات و تحسين معامل القدرة	1991
2. المحولات الكهربائية – الجزء الأول	1991
3. المحولات الكهربائية – الجزء الثانى	1992
4. الوقاية فى الشبكات الكهربائية – الجزء الأول	1993
5. التوافقيات فى الشبكات الكهربائية	1994
6. جودة التغذية الكهربائية	1995
7. الإضاءة و فرص الترشيد	1996
8. الوقاية فى الشبكات الكهربائية – الجزء الثانى	1996
9. إدارة طلب الطاقة – الجزء الأول	1997
10. البيئة و غازات الإحتباس الحرارى	2000
11. إدارة طلب الطاقة – الجزء الثانى	2001
12. إضطرابات جودة التغذية الكهربائية	2002
13. إرشادات لوسائل التوعية لترشيد إستخدام الطاقة	2002
14. 75 فرصة لترشيد إستخدام الطاقة	2003
15. الفقد فى الطاقة الكهربائية	2004
16. مؤشرات إعتمادية الأنظمة الكهربائية و خدمة المشتركين	2006
17. المجالات الكهرومغناطيسية	2009

رقم الإيداع بدار الكتب المصرية
٥٣ ٢٠٠٩/٣٩
رقم قومى : ١٤٠١٦٣١

دار الجامعيين
لطباعة الأوفست و التجليد
٣٧ شارع السلطان عبد العزيز
ت: ٤٨٦٢٠٠٤